

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica

ANEXO A LA MEMORIA
CRITERIOS DE DISEÑO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2009

INDICE

1. OBJETO.....	4
2. ALCANCE	4
3. CÓDIGOS Y NORMAS	4
4. CONDICIONES DE CARÁCTER GENERAL	6
5. CABINAS DE BAJA TENSIÓN.....	7
5.1. CRITERIOS GENERALES.....	7
5.2. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES.....	8
5.3. APARELLAJE	8
5.4. TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN.....	9
5.5. EMBARRADOS	9
5.6. CONTROL Y MANDO.....	10
5.7. TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES.....	10
5.8. PROTECCIONES.....	11
5.9. MEDIDAS.....	11
5.10. RESEVAS DE CABINAS	11
6. TRANSFORMADORES DE ALUMBRADO DE BT/BT.....	12
6.1. CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN.....	12
6.2. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES.....	12
6.3. DIMENSIONAMIENTO.....	13
6.4. DISPOSITIVOS DE VIGILANCIA Y CONTROL	14
6.5. MANDO Y CONTROL.....	14
6.6. TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES.....	14
7. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DE MT/BT	14
7.1. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES.....	15
7.2. DIMENSIONAMIENTO.....	15
7.3. DISPOSITIVOS DE VIGILANCIA Y CONTROL	16
7.4. MANDO Y CONTROL.....	16
7.5. TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES.....	17
8. CENTROS DE DISTRIBUCIÓN DE FUERZA Y ALUMBRADO 400 – 230 V	17
8.1. CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN	17
8.2. CRITERIOS GENERALES.....	18
8.3. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTALES.....	19
8.4. APARELLAJE	19
8.5. TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN.....	20
8.6. EMBARRADOS	21
8.7. CONTROL Y MANDO.....	21
8.8. RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN.....	22
8.9. TRATAMIENTO DE LAS SEÑALES.....	22
8.10. PROTECCIONES.....	22
8.11. MEDIDAS.....	23
8.12. RESERVAS	23
9. ALUMBRADO	24
9.1. TIPOS DE ALUMBRADO.....	24
9.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	24

9.3.	TIPOS DE APARATOS	25
9.4.	CIRCUITOS	26
9.5.	RESERVAS	27
10.	CABLES.....	28
10.1.	CRITERIOS GENERALES	28
10.2.	DIMENSIONAMIENTO.....	29
11.	CANALIZACIONES PARA CABLES.....	30
11.1.	CRITERIOS GENERALES	31
12.	RED DE TIERRA Y PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO	32
12.1.	CRITERIOS GENERALES	32

1. OBJETO

El objeto del presente documento es establecer los Criterios Generales de Diseño del Sistema Eléctrico, de los equipos a instalar e integrar en la Central de Ibiza, correspondiente al Centro de Transformación de Servicios Auxiliares (SS.AA) de Turbinas (CT-SAT), incluyendo los criterios de control que de los equipos que apliquen.

Así mismo, también son objeto de este documento todas las interconexiones y las reformas a realizar, con/y, en, los sistemas eléctricos existentes de dichos grupos para la integración de la nueva instalación.

2. ALCANCE

Este documento será de aplicación obligatoria en todas las actividades de ingeniería y diseño relacionadas con el desarrollo de los Sistemas Eléctricos que afectan a las instalaciones indicadas en el capítulo anterior.

- a) El documento establece los criterios básicos para el diseño de equipos y sistemas eléctricos e instalaciones complementarias, para lo cual se han tenido en cuenta los documentos editados por la Propiedad en su Especificación de petición de ofertas, así como aquellos otros generados en la fase de aclaraciones precontrato y durante la formalización del mismo.
- b) No forman parte del alcance de este documento los criterios de los sistemas del proceso, aunque sí los de sus componentes eléctricos.
- c) No forman parte de este documento, por obvio, los criterios correspondientes al Sistema Eléctrico existente, aunque sí se tendrán en cuenta para la coordinación de la interfase con la misma.
- d) Algunos de los datos e instrucciones que se incluyen servirán de base para la coordinación con otras disciplinas: I&C, Mecánica, y Obra Civil, en una fase posterior del Proyecto, durante el desarrollo de la ingeniería de detalle.

3. CÓDIGOS Y NORMAS

Todos los equipos eléctricos, a efectos de diseño, construcción y pruebas, estarán de acuerdo y cumplirán con las últimas revisiones vigentes, a la firma del Contrato, de la legislación y reglamentos de aplicación, ya sean de carácter particular, municipal, autonómico, nacional o supranacional, particularmente deberán cumplir con las normas

UNE Y CEI, así como con las prescripciones de la Reglamentación Española, y en particular con las últimas ediciones de:

- a) Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en las Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- b) Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión, así como sus correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias.
- c) Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como sus correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias.

Los puntos no definidos en las normas UNE o CEI, se regirán por la última revisión de las normas:

- a) ANSI (American National Standard Institute),
- b) NEMA (National Electrical Manufacturers Association)
- c) IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers).

En caso de conflicto entre diferentes normas, el orden de prioridad será:

- d) Normas UNE y CEI
- e) Otras Normas

Cumpléndose, en cualquier caso, con las prescripciones vigentes de la Reglamentación Española. En algunos casos, para mayor claridad en la aplicación de la norma para el diseño, ensayo, etc., se indicará la que proceda.

La nueva legislación, o modificación de la vigente, que se produjera durante el desarrollo del Contrato, será, también, de obligado cumplimiento.

4. CONDICIONES DE CARÁCTER GENERAL

- a) En las salas y recintos de equipos eléctricos no se instalarán tuberías que lleven líquidos, vapores o gases, a excepción de las correspondientes a sistemas contra incendios.
- b) Todos los equipos, cualquiera que sea su localización deberá situarse de forma que permita futuras ampliaciones, su acceso fácil, para operación y mantenimiento, así como su sustitución, sin ningún tipo de interferencias, para lo cual se dejarán los pasillos y áreas de trabajo suficientes de acuerdo con la buena práctica de Ingeniería. La implantación de nuevos equipos respetará los accesos y áreas de mantenimiento de los equipos existentes.
- c) Conductos de ventilación o de aire acondicionado.
Los conductos de ventilación o de aire acondicionado no se instalarán en la vertical de las cabinas o armarios, de esta forma se evitará que éstas sirvan de soporte para labores de mantenimiento o montaje de tales conductos, ya sea por acceso directo de personal, o por medio de andamiajes o escaleras colocados sobre la parte superior de las mismas.
- d) Alumbrado
El alumbrado se instalará en los ejes de los pasillos entre frentes de cabinas y en la parte posterior de éstas, a una altura de 1500 mm sobre el plano superior de éstas. Se guardará el mismo nivel que venga impuesto por el conjunto de más altura que se instale en la misma sala.

5. CABINAS DE BAJA TENSION

El sistema de Baja Tensión a 400 V tiene como función principal alimentar los Servicios Auxiliares de las Turbinas de Gas de “Stand-By” como exteriores y los consumos trifásicos del edificio contra incendios situado próximo al Centro de Transformación.

5.1. Criterios Generales

El sistema de base, se configura como una barra de distribución principal con salidas feeder hacia los grupos turboalternadores, de forma que pasan a alimentar estos cuando su alimentación principal, desde sus propias barras de generación falla.

Desde este embarrado se alimentarán los Servicios Auxiliares “Stand-By” de turbina.

Los equipos que se alimentan directamente desde estas barras serán los siguientes, en cada turbina:

- a) Motores de $75 < P < 200$ kW.
- b) Transformadores de Distribución de BT/BT para la alimentación del Sistema de Baja Tensión con neutro (400-230V).
- c) Alimentaciones Diversas de Equipos o Plantas Paquetes de $I > 250$ A.

Se asume como criterio general, que cualquier adaptación se realizará de forma que quede similar al resto de columnas de cuadro, en dotación y funcionalidad.

En el caso del contra incendios se alimentará a un cuadro de distribución en el propio edificio que a su vez alimentará los siguientes servicios:

- a) Bomba principal y bombas Jockey.
- b) Puente grúa.
- c) Rectificador de baterías de CC.

5.2. Características fundamentales

En relación con el nivel de tensión:

- Tensión de servicio	400 V \pm 10%
- Tensión asignada	600 V
- Tensión asignada a los impulsos tipo rayo	\geq 8 kV
- Tensión asignada a frecuencia industrial	\geq 2,5 kV

El neutro del sistema estará puesto a tierra en los Transformadores de Distribución de MT/BT a través de resistencia en el secundario, para limitar la corriente de falta a 5 A.

5.3. Aparellaje

- a) El aparellaje que se utilizará para las nuevas cabinas será de acuerdo con el servicio para el que estarán destinados. De ésta forma estará formado por interruptores de bastidor, extraíbles para todos los servicios, de corte al aire.
- b) Los transformadores de tensión, con sus dispositivos de protección del primario y del secundario, podrán ser de ejecución fija o extraíbles. En el primer caso, deberán ser totalmente accesibles para su mantenimiento o sustitución sin riesgo de contacto directo con partes en tensión, tanto los transformadores como sus dispositivos de protección.
- c) Los interruptores de las alimentaciones a barras, estarán dimensionados, como mínimo, para la potencia requerida, a este nivel de tensión, con el 95% de la tensión nominal de barras (400 V) y con un coeficiente de sobredimensionamiento del 115%, una vez aplicada la condición anterior.

Esto deberá quedar probado una vez realizado el ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS Y CAÍDAS DE TENSIÓN. De igual modo, su capacidad de cierre y apertura, ante cortocircuitos, será superior, al menos, al 115% de la Icc máxima que se determine en los ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITO.

- d) Los interruptores de salida estarán dimensionados para la potencia máxima de los servicios que alimentan, con el 95% de su tensión nominal y un coeficiente de sobredimensionamiento del 115%, una vez aplicada la condición anterior. Bajo el punto de vista de la capacidad de cierre y apertura, ante cortocircuitos, tendrán una capacidad de, al menos, 115% de la Icc máxima que se determine en los ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITO.

5.4. Transformadores de medida y protección

a) Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión para la medida general de barras serán monofásicos y se instalarán en conexión estrella. Su aislamiento estará conforme con la máxima tensión del sistema, 720 V, con un factor de sobretensión de $1,9 \cdot U_n$ durante 8 horas. Serán de clase 0,5, tensión nominal del secundario 110 V.

El transformador, en la acometida, para el enclavamiento al cierre del interruptor, será monofásico, conexión fase-tierra, y de las mismas características que los de medida de barras, con objeto de racionalizar los repuestos.

Estarán protegidos en primario por medio de fusibles, selectivos con la protección del secundario, y en éste, por medio de interruptores automáticos unipolares con función magnética. En ambos casos se dispondrá de elementos para la vigilancia de estado.

b) Transformadores de intensidad

Los transformadores de intensidad para protección y medida serán toroidales. Su aislamiento estará previsto para la máxima tensión del sistema, 720 V. Para medida serán de clase 0,5 y para protección será 5P10. La intensidad nominal del secundario será de 5 A, excepto el toroidal para vigilancia de defectos a tierra, cuyo valor será fijado por el fabricante de los relés de protección.

El valor de intensidad primaria será el inmediato superior, normalizado, que resulte de aplicar un sobrealcance del 125 % del máximo valor en continuo esperado en el circuito, el cual se obtendrá del ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS, o bien, de acuerdo con el valor nominal del equipo al que está asociado.

La intensidad límite térmica será del valor inmediato superior, normalizado, que resulte de aplicar un sobredimensionamiento del 115% de la I_{cc} máxima que se obtenga en el ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO.

5.5. Embarrados

a) Los embarrados principales estarán dimensionados, al menos, para la misma intensidad en servicio continuo que los interruptores de acometida, y para el mismo nivel de cortocircuito, considerando una temperatura en el interior de las cabinas de 15 °C sobre 40 °C de ambiente.

b) Los embarrados de salida estarán dimensionados, al menos, para la misma intensidad en servicio continuo que los interruptores correspondientes, y para el

mismo nivel de cortocircuito. Así mismo, deberán soportar la punta de arranque del mayor motor durante 60s, estando la barra cargada con su intensidad nominal.

5.6. Control y Mando

- a) El control de los interruptores y contactores se realizará según se indica a continuación:
 1. Los interruptores de alimentación a barras, interconexión y salidas a transformadores de distribución de BT/BT, serán mandados desde una pantalla de operación dedicada al Control de los Servicios Auxiliares Eléctricos de la Central.
 2. Los interruptores de alimentación a motores serán mandados y controlados desde las pantallas gráficas de operación.
- b) Todos los interruptores serán accionados eléctricamente, y se podrán maniobrar en local y en remoto. En local, si el interruptor o el contactor está en la posición de prueba, se podrán realizar las maniobras de cierre y de apertura, y si está insertado, solo se podrá realizar la operación de apertura. Las operaciones en local se realizarán desde el interruptor de control (IC-69) de cada servicio, tanto en las cabinas existentes como en las nuevas.
- c) Cuando la maniobra de cierre, de cualquiera de estos interruptores, se seleccione desde la pantalla de operación en sala de control, por medio de su correspondiente selector (electrónico), en dicha pantalla solo aparecerá el valor de tensión aguas arriba del interruptor, y un aviso de fuera de rango (máxima tensión), si es el caso, para que el operador tome las acciones oportunas antes de dar la orden de cierre.
- d) La lógica de control y enclavamientos de los interruptores, alimentación a CCM's, residirá en un módulo dedicado a los Sistemas Eléctricos, dentro del Sistema de Control Principal, mientras que la correspondiente a los interruptores de alimentación a los motores de este nivel de tensión, residirá en los módulos dedicados al proceso de ambas plantas, perteneciente al Sistema de Control Principal.
- e) Los interruptores de las nuevas cabinas dispondrán de vigilancia de los circuitos de cierre y de disparo a través de los relés de protección.

5.7. Tratamiento de las señales

Con carácter general:

1. Las señales de disparos irán siempre cableadas, además de poder ser confirmadas, vía bus, por medio del módulo de gestión de las protecciones.

2. Las señales de enclavamientos y permisivos de cierre serán, siempre, cableadas.

3. Las señales de medidas procedentes de convertidores serán cableadas.

5.8. Protecciones

a) Tipos de relés: Características

1. Serán iguales a los existentes, actualizadas a su equivalente comercial actual.

2. Tecnología digital, multifunción, programables en local, y en remoto vía bus. Dispondrán de unidad de control, mando local, señalización y monitorización, con autovigilancia, diagnosis, registro de sucesos e informes de faltas (intensidades o tensiones de prefalta, valores de arranque y de actuación).

3. Dispondrán de 8 entradas analógicas, para intensidades o tensiones o la combinación de ambas (3 de tensión + 3 de intensidad+ 2 de tensión, o 2 de intensidad, o 1 de tensión +1 de intensidad)

4. Ocho entradas digitales.

5. Ocho salidas digitales.

6. Dos contactos independientes, tipo SPDT, para disparos.

7. Función 86 con memoria de estado aún con falta de tensión auxiliar

8. Contacto de alarma por fallo de la unidad (watch dog)

9. Comunicables con el Sistema de Control Principal a través de un módulo de gestión, vía bus.

b) Funciones de protección

- Alimentación de salidas50+51+50 N (51N)

5.9. Medidas

- Salidas DCS (3I)

5.10. Reservas de cabinas

No aplica

6. TRANSFORMADORES DE ALUMBRADO DE BT/BT

Los transformadores de Distribución de BT/BT, tienen como objetivo el suministro de la energía eléctrica necesaria para alimentar los servicios auxiliares al nivel de 400–230 V, que no sean de proceso. Con ellos se pretende generar la corriente monofásica para consumidores que la precisen y distribuir neutro puesto a tierra. Estos transformadores dispondrán de grupos de conexión que garanticen el completo desacoplado entre redes de primario y secundario.

6.1. Condiciones Generales de instalación.

a) Pasillo entre transformador y cerramiento

Los transformadores de este tipo irán instalados en el interior del edificio eléctrico, en celdas metálicas de acero con rejillas de ventilación, como solución preferente, o en recinto separado, adecuadamente ventilado, y su acceso, si es directo desde el exterior será por puerta con rejilla de entrada de aire en la parte baja de la misma. En el caso de que el recinto sea completamente interior su acceso podrá estar realizado con bastidores de malla metálica.

b) El pasillo circundante será de al menos 800 mm, libre de cualquier elemento de la instalación, como caja de resistencia de la puesta a tierra del neutro, sensores de medidas, bandejas, tubos, etc.

6.2. Características fundamentales

Los datos básicos para su diseño, así como algunas de sus características fundamentales serán los siguientes:

- a) Tensión nominal en primario:..... 400 V
- b) Tensión primaria de servicio: 400 V \pm 10%
- c) Tensión secundaria en vacío:..... 420 V
- d) Tensión secundaria en carga:..... 400 V
- e) Frecuencia nominal:..... 50 Hz
- f) Margen de frecuencia: \pm 5%
- g) Tª media mes más caluroso del año:..... 40 °C
- h) Tª Máxima..... 45 °C
- i) Refrigeración:..... ANAN
- j) Neutro del sistema en el lado 400 V (de distribución):.....Rígido a tierra
- k) Instalación:..... Interior
- l) Instalación terminales:..... Al aire

- m) Refrigerante:..... secos
- n) Aislamiento dev. primario:.....encapsulado en resina
- o) Aislamiento dev. secundario:impregnado en resina
- p) Incrementos de t^a en cobre:.....65 °C
- q) Ubicación a efectos de refrigeración:.....interior
- r) Ejecución:.....Trifásico, 2 devanados
- s) Grupo de conexión:Dyn11 (o el preciso según instalación)
- t) Conexión lado 400 V:.....Cables secos
- u) Conexión lado 400 - 230 V:Cables secos
- v) Terminales lado 400 V: Aire -Aire
- w) Terminales lado 400 – 230 V:Aire – Aire
- x) Tensión imp. tipo rayo arrollamientos 400 V:..... 10 kV
- y) Tensión a frec. ind. arrollamientos 400 V. : 3 kV
- z) Tensión imp. tipo rayo arrollamientos 400-230V: 10 kV
- aa) Tensión a frec. ind. arrollamientos 400-230 V.: 3 kV
- bb) Tensión imp. tipo rayo neutro 400 V:..... 10 kV
- cc) Tensión a frec. ind. neutro 400 V: 3 kV

6.3. Dimensionamiento

- a) La potencia nominal se determinará teniendo en cuenta las condiciones indicadas en el 2º párrafo de este apartado, cuyo valor se extraerá del Estudio de Flujo de Cargas que tenga ese escenario de funcionamiento, aplicándole el coeficiente de sobredimensionamiento del 10 %.
- b) La impedancia de CC se determinará teniendo en cuenta que las caídas de tensión no excedan del 20 % con un motor arrancando, en las condiciones más desfavorables de Operación. El valor de impedancia debe confirmarse a partir de los Estudios de Caídas de Tensión, teniendo en cuenta el escenario más desfavorable de explotación de las unidades.
- c) En régimen estable la caída de tensión máxima del sistema no será superior al 5% de la tensión nominal.
- d) La tensión en vacío del secundario será, como mínimo, un 5% superior a la tensión nominal del sistema al que alimenta, en este caso el Sistema de Baja Tensión, cuyo valor nominal en carga es de 400 V, para este caso el valor de la tensión secundaria será de 420 V.

6.4. Dispositivos de vigilancia y control

Equipo de detección de la temperatura del punto más caliente del bobinado, con tres contactos SPDT, uno para alarma y los otros dos para disparo, uno de ellos conectado directamente a la cabina de baja tensión, y el otro cableado hasta el Sistema de Control.

El equipo dispondrá de indicador de temperatura de escala circular, en lugar visible. En estas circunstancias, para el caso de instalarse el transformador dentro de un armario metálico, dicho indicador quedará instalado en el exterior de su armario.

6.5. Mando y Control

- a) A las cabinas de baja tensión, correspondientes, se llevará la señal de disparo y la señal de alarma. La primera conectada directamente al circuito de disparo, y la segunda, conectada al relé de protección desde donde se informará al Sistema de Control, vía bus.
- b) Al Sistema de Control Principal se llevará cableada la segunda señal de disparo.

6.6. Tratamiento de las señales

- a) Las señales de disparo a la cabina de baja tensión, correspondiente, será cableada.
- b) La señal de alarma hasta la cabina de baja tensión, para información al relé de protección, será cableada.
- c) La segunda señal de disparo se llevará cableada al Sistema de Control Principal.
- d) Desde el relé de protección de la cabina de baja tensión, correspondiente, se informará vía bus de las dos señales, alarma y disparo.
- e) La señal de intensidad del neutro se cableará hasta el relé de protección instalado en la cabina de alimentación.

7. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN DE MT/BT

Los transformadores de Distribución de MT/BT tienen como objetivo el suministro de la energía eléctrica necesaria para alimentar los cuadros de baja tensión.

Estos transformadores se utilizarán exclusivamente para distribución a equipos e instalaciones ajenas al proceso específico de Planta.

7.1. Características fundamentales

Los datos básicos para su diseño, así como algunas de sus características fundamentales serán los siguientes:

- a) Tensión nominal en primario:..... 15 KV
- b) Tensión primaria de servicio:15 KV $\pm 10\%$
- c) Escalones de regulación en vacío.5(0%, $\pm 2,5\%$, $\pm 5\%$)
- d) Tensión secundaria en vacío:..... 410/236 V
- e) Tensión secundaria en carga:..... 400 V
- f) Frecuencia nominal:..... 50 Hz
- g) Margen de frecuencia: $\pm 5\%$
- h) Tª media mes más caluroso del año:..... 40 °C
- i) Tª Máxima..... 45 °C
- j) Refrigeración:..... AN/AF
- k) Neutro del sistema en el lado 400 V:..... Rígido a tierra
- l) Instalación:..... Interior
- m) Instalación terminales:..... Al aire
- n) Refrigerante:..... secos
- o) Aislamiento dev. primario:encapsulado en resina
- p) Aislamiento dev. secundario:encapsulado en resina
- q) Incrementos de tª en cobre:.....65 °C
- r) Ubicación a efectos de refrigeración:.. ..interior
- s) Ejecución: Trifásico, 2 devanados
- t) Grupo de conexión: Dyn11 (o el preciso según instalación)
- u) Conexión lado 15 KV: Cables secos
- v) Conexión lado 400/230 V:..... Cables secos
- w) Terminales lado 15 KV: Aire-Aire
- x) Terminales lado 400 /230 V: Aire-Aire
- y) Tensión imp. tipo rayo arrollamientos 15 KV:..... 95 kV
- z) Tensión a frec. ind. arrollamientos 15 KV : 38 kV
- aa) Tensión imp. tipo rayo arrollamientos 400-230V: 10 kV
- bb) Tensión a frec. ind. arrollamientos 400-230 V:..... 3 kV
- cc) Tensión imp. tipo rayo neutro 400 V:..... 10 kV
- dd) Tensión a frec. ind. neutro 400 V: 3 kV

7.2. Dimensionamiento

- a) La potencia nominal se determinará teniendo en cuenta las condiciones indicadas en el 2º párrafo de este apartado, cuyo valor se extraerá del Estudio de Flujo de

Cargas que tenga ese escenario de funcionamiento, aplicándole el coeficiente de sobredimensionamiento del 10 %.

- b) La impedancia de CC se determinará teniendo en cuenta que las caídas de tensión no excedan del 20 % con un motor arrancando, en las condiciones más desfavorables de Operación. El valor de impedancia debe confirmarse a partir de los Estudios de Caídas de Tensión, teniendo en cuenta el escenario más desfavorable de explotación de las unidades.
- c) En régimen estable la caída de tensión máxima del sistema no será superior al 5% de la tensión nominal.
- d) La tensión en vacío del secundario será, como mínimo, un 5% superior a la tensión nominal del sistema al que alimenta, en este caso el Sistema de Baja Tensión, cuyo valor nominal en carga es de 400 V, para este caso el valor de la tensión secundaria será de 410 V.

7.3. Dispositivos de vigilancia y control

Equipo de detección de la temperatura del punto más caliente del bobinado, con tres contactos SPDT, uno para alarma y los otros dos para disparo, uno de ellos conectado directamente a la cabina de baja tensión, y el otro cableado hasta el Sistema de Control.

El equipo dispondrá de indicador de temperatura de escala circular, en lugar visible. En estas circunstancias, para el caso de instalarse el transformador dentro de un armario metálico, dicho indicador quedará instalado en el exterior de su armario.

Los transformadores estarán ubicados en centros prefabricados específicos o en cabinas en el caso de que compartan espacio en zonas transitadas, los mismos dispondrán de cubrebornas específicos.

La salida en BT se realizará mediante una caja general de protección que protegerá el tramo de línea hasta mandos y por otra limitará indirectamente la potencia demandada al transformador.

7.4. Mando y Control

- a) A las celdas de protección, a su cuadro de baja tensión, correspondiente, se llevará la señal de disparo y la señal de alarma. La primera conectada directamente al circuito de disparo, y la segunda, conectada al relé de protección desde donde se informará al Sistema de Control, vía bus.
- b) Al Sistema de Control Principal se llevará cableada la segunda señal de disparo.

7.5. Tratamiento de las señales

- a) Las señales de disparo a la celda correspondiente, a su cuadro de baja tensión, correspondiente, será cableada.
- b) La señal de alarma hasta la celda correspondiente, a su cuadro de baja tensión, para información al relé de protección, será cableada.
- c) La segunda señal de disparo se llevará cableada al Sistema de Control Principal.
- d) Desde el relé de protección de la cabina de baja tensión, correspondiente, se informará vía bus de las dos señales, alarma y disparo.
- e) La señal de intensidad del neutro se cableará hasta el relé de protección instalado en la celda de alimentación.

8. CENTROS DE DISTRIBUCIÓN DE FUERZA Y ALUMBRADO 400 – 230 V

El sistema de Distribución de Fuerza y Alumbrado a 400–230 V (3 Fases + Neutro, 50 Hz) tendrá como función principal alimentar todos los Servicios Auxiliares de las turbinas de gas **que no formen parte del proceso** y que requieran, generalmente, neutro distribuido. Además se alimentarán los servicios que del propio Centro de transformación y los consumos del edificio contra incendios que requieran de éste tipo de alimentaciones. A continuación se determinan los criterios para su configuración y dimensionamiento que serán los siguientes:

8.1. Condiciones generales de instalación

- a) Distancia del frente a otros conjuntos de cabinas
La distancia mínima a otros paneles será, al menos de 1000 mm, teniendo en cuenta, siempre, que las puertas de ambos conjuntos enfrentados podrán estar abiertas simultáneamente y mantener un margen de 200 mm.
- b) Distancia de la cara posterior a la pared, en caso de que dispongan de acceso trasero.
Debe ser tal que permita la apertura de sus puertas traseras dejando un margen de 200 mm con la pared, y como mínimo, la distancia será de 800 mm.
- c) Ventilación en centros de fuerza sin acceso trasero.
Los centros sin acceso trasero pueden ir situados sobre pared, pero en éste caso:
 1. Los accesos de cables serán por su parte inferior.
 2. Las ranuras de ventilación que disponga el fabricante en sus laterales o en su parte superior deberán estar despejadas en el sentido de la evacuación de calor y en el caso de los laterales, mantenerse una distancia a otro equipo no menor de 200 mm.

8.2. Criterios Generales

Se enumeran a continuación los criterios generales de aplicación a sistemas eléctricos como los que se implantarán, particularizándose y tomándose de ellos exclusivamente aquello en lo que sea de aplicación específica a los servicios auxiliares de las turbinas.

También aplicará a todos aquellos equipos comunes, cuyo servicio se extienda a todas las Turbinas de implementación posterior.

El sistema estará compuesto por un único conjunto, para servicios normales.

En este proyecto no se va a considerar la alimentación de servicios esenciales, dado que en las instalaciones a diseñar se carece de servicios de esta naturaleza. Únicamente hay en el interior del modulo de control y maniobra del fabricante, incluyéndose dentro del alcance de su suministro

Al ser únicamente alimentaciones del tipo:

- Servicios Auxiliares de Turbina, de respaldo o apoyo a los mismos, sin carácter crítico.
- Instalaciones de Fuerza y Alumbrado exterior, para mantenimientos, fundamentalmente, y con carácter claramente secundario, no crítico.
- Provenir, por su naturaleza de cuadros de potencia y funcionalidad adecuada, sin que en ningún caso sea de embarrados de seguridad y ser adecuado una única fuente para cada uno de los servicios.

Se va a disponer de cuadros de carácter general, que cumplirán:

- Su carácter será el de distribución a cada uno de los consumos. La falta de condicionales críticos hace que no se precise respaldo alguno, aguas abajo.
- Tendrán una única entrada y distribución radial, en salidas independientes a cada una de las turbinas, mas reservas. El embarrado será único. Se obvia la previsión de otras fuentes secundarias o complementarias.
- Desde estos cuadros, cada uno en su servicio, se alimenta a los cuadros y distribuciones secundarias, específicas de cada turbina.

El diseño de los cuadros, mantendrá las características normalizadas, sin embargo se adecuaran a la funcionalidad que tendrán.

En el proyecto y dentro del suministro del fabricante se van a considerar que los servicios que se alimentan, básicamente, son los siguientes:

- Alumbrado Normal.
- Tomas de Corriente Normales (80% de las distribuidas dentro de edificios y 90% de las distribuidas fuera de los edificios).
- Sistemas anticondensación de cabinas, armarios, centros de control de motores, motores y cuadros en general.
- Sistemas de Ventilación de Edificios.
- Puente-Grúas.

Así mismo y dentro de los “Servicios Esenciales”, se consideran normalmente:

- Alumbrado Básico.
- Tomas de Corriente (20% de las distribuidas dentro de edificios y 10% de las distribuidas fuera de los edificios).
- Sistema de Aire Acondicionado de la sala de Armarios de Control.

En nuestro caso, los servicios esenciales están también dentro del suministro del fabricante, las tomas de fuerza y alumbrado interior, incluidos en la construcción prefabricada del suministrador, podrán ser alimentados desde el grupo diesel incluido en el suministro.

8.3. Características fundamentales

a) Las características fundamentales en relación con el nivel de tensión, serán las siguientes:

1. Tensión de servicio:..... 400–230 V \pm 10%
2. Tensión asignada máxima:.....600 V
3. Tensión asignada a los impulsos tipo rayo:..... \geq 8 kV
4. Tensión asignada a frecuencia industrial:..... \geq 2,5 kV

b) El neutro del sistema estará puesto a tierra con impedancia en los transformadores MT/BT del centro.

8.4. Aparellaje

a) El aparellaje que se utilizará será el que a continuación se indica, de acuerdo con el servicio al que están destinados:

1. Los interruptores de acometida de barras serán de caja moldeada, automáticos, tetrapolares, de accionamiento manual con mando giratorio desde el frente de los cuadros, instalados sobre carro extraíble, con relés de protección directos.

La inserción o extracción del interruptor a barras se hará, solo, si el interruptor está abierto

2. Los interruptores de salida serán de caja moldeada, automáticos, tetrapolares, de accionamiento manual de palanca desde el frente de las cabinas, con relés de protección directos. Todos serán de la misma intensidad nominal, excepto casos excepcionales; solo los relés de protección estarán seleccionados de acuerdo al servicio y consumo al que estén destinados. Éstos serán intercambiables entre sí y con los de gama alta, si coinciden en cuanto al rango de intensidad nominal.

En cuadros de distribución de alumbrado y fuerza las salidas podrán ser de tipo interruptor magnetotérmico.

- b) Los interruptores de las alimentaciones, serán de las mismas características, dentro de cada conjunto. Estarán dimensionados, como mínimo, para la potencia nominal del consumo correspondiente, con el 95% de la tensión nominal de barras (400V) y con un coeficiente de sobredimensionamiento del 115%, lo cual deberá quedar probado una vez realizado el ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS Y CAÍDAS DE TENSIÓN. De igual modo su capacidad de cierre y apertura ante cortocircuitos será superior, al menos al 100% de la Icc MÁXIMA que se determine en los ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITO.
- c) Los interruptores de salida estarán dimensionados para la potencia máxima del servicio que alimentan, con el 95% de su tensión nominal y con un coeficiente de sobredimensionamiento del 115%. Bajo el punto de vista de la capacidad de cierre y apertura ante cortocircuitos los interruptores tendrán una capacidad, de al menos, 100 % de la ICC MÁXIMA que se determine en los ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITO.

8.5. Transformadores de medida y protección

- a) Transformadores de tensión

Los transformadores de tensión para la medida general de barras serán monofásicos y se instalarán en conexión estrella. Su aislamiento estará conforme con la máxima tensión del sistema, 720 V, con un factor de sobretensión de 1,9·Un durante 8 horas. Serán de clase 0,5, tensión nominal del secundario 110 V.

El transformador, en la celda de acometida, cuando exista, para el enclavamiento al cierre del interruptor, será monofásico, conexión fase-fase, y de las mismas características que los de medida de barras, con objeto de racionalizar los repuestos.

Estarán protegidos en primario por medio de fusibles, selectivos con la protección del secundario, y en éste, por medio de interruptores automáticos unipolares con

función magnética. En ambos casos se dispondrá de elementos para la vigilancia de estado

b) Transformadores de intensidad

Los transformadores para protección y medida serán toroidales. Su aislamiento estará previsto para la máxima tensión del sistema, 720 V. Para la medida de potencia serán de clase 0,5, y para protección de faltas a tierra (respaldo de las protecciones de los interruptores de distribución) serán 5P10. La intensidad nominal del secundario será de 5 A.

El valor de intensidad primaria será el inmediato superior, normalizado, que resulte de aplicar un sobrealcance del 125 % del máximo valor en continuo esperado en el circuito, el cual se obtendrá del ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS, o bien, de acuerdo con el valor nominal del equipo al que está asociado.

La intensidad límite térmica será el valor inmediato superior, normalizado, que resulte de aplicar un sobredimensionamiento del 115% de la I_{cc} máxima que se obtenga en el ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO.

8.6. Embarrados

- a) Los embarrados principales estarán dimensionados para la misma intensidad en servicio continuo que los interruptores de alimentación, y para el mismo nivel de cortocircuito, considerando una temperatura en el interior de las cabinas de 15 °C sobre 40 °C de ambiente
- b) Los embarrados de salida, en cada columna, estarán dimensionados, al menos, para la misma intensidad en servicio continuo que la suma de las intensidades de cada servicio, aplicándole para su obtención dos criterios:
1. Que la tensión es del 95%.
 2. Un coeficiente de sobredimensionamiento del 115%. Tendrán el mismo nivel de cortocircuito que los embarrados principales. Así mismo, deberán soportar la punta de arranque del mayor motor durante 60s, estando la barra cargada con su intensidad nominal.

8.7. Control y Mando

- a) Todos los interruptores de acometida, salidas, serán de mando manual, accionables desde el frente del armario con la puerta cerrada, y ejecución fija.
- b) En las pantallas gráficas se representarán, tanto el estado como el disparo por protecciones de los interruptores de acometida y de acoplamiento. Así mismo, quedará representada el cambio de estado la actuación, de forma global, de cualquiera de los interruptores de salida.

8.8. Régimen de explotación

Las salidas de distribución serán unitarias para cada consumidor o servicio que lo precise, por lo cual, la barra deberá de disponer de potencia, fiabilidad de continuidad y rangos de selectividad entre los interruptores de un mismo nivel a fin de evitar disparos generales.

Ello hace que en nuestro caso al no haber duplicidad de posibles alimentaciones, entre las que conmutar:

- a) Las cargas a alimentar, deben de estar agrupadas adecuadamente, según coherencia funcional, a fin de determinar su simultaneidad.
- b) La potencia de cada alimentación general será la que se determine, en función de la carga asignada, corregida por el coeficiente de simultaneidad que aplique.

Las alimentaciones a utilizar serán tales que los transformadores de cabecera nunca estarán sobrecargados, por criterio de fiabilidad, se establecerá que la potencia calculada de alimentación será tal que suponga que la demanda sea:

- 85% de la potencia nominal, si no hay motores ó consumidores, con puntas fuertes de conexión, significativos.
- 70% de la potencia nominal, si hay una mayoría de consumidores con fuertes puntas de conexión.

8.9. Tratamiento de las señales

- a) Las señales de enclavamientos serán, siempre, cableadas.
- b) Todas las señales de estado y de actuación de protecciones serán cableadas.
- c) Las señales de medida, del equipo analizador, serán enviadas vía bus.

8.10. Protecciones

- a) Todas las protecciones, tanto de los interruptores de acometida, como los de salidas serán directas, 50-51-50N, ajustables en el lugar, e intercambiables en las gamas altas.
- b) Las protecciones de neutro, irán instalada en la CBT's de Central en neutro de transformador de Servicios Normales, serán de las mismas características que los relés instalados en dichas CBT's con las prestaciones adaptadas a este caso concreto.

8.11. Medidas

En cada barra, se instalará un equipo de medida integrada, tipo analizador, programable y comunicable con el Sistema de Control Principal, para la medida de los parámetros siguientes: $3U/\sqrt{3}$, $3U$, $3I$, P , Q y $\cos \varphi$. Estos equipos han sido suministrados por P&C.

Los equipos no deben sufrir ningún daño por las variaciones de tensión, distorsión armónica, etc., provocadas por los arrancadores u otros equipos electrónicos de potencia o bien por el Grupo Diesel Electrónico (GDE), y deben mantener su clase precisión, que será de 0,5.

En los cuadros de Alumbrado y Fuerza exterior, la medida será simplificada y no tendrá capacidad de comunicación.

8.12. Reservas

a) Sin equipar

Serán del 10% de los interruptores, incluyendo en el cómputo las reservas equipadas. No hay que olvidar que todos los interruptores serán de la misma intensidad nominal, aunque con relés de protección regulables y de calibre adecuado a cada servicio.

b) Equipadas

Serán el 30 % de las asignadas a servicios concretos, y como mínimo, existirá una reserva de cada tipo de relé térmico con su interruptor correspondiente.

9. ALUMBRADO

El sistema de alumbrado tiene como función proporcionar los niveles de iluminación idóneos para distintas partes de la instalación, a partir de los diferentes tipos de iluminación para cada zona o dependencia, para facilitar las operaciones necesarias durante la explotación de las unidades, así como proporcionar un nivel de iluminación adecuado para las vías de escape en ausencia total de tensión en el sistema.

9.1. Tipos de Alumbrado

- a) El alumbrado estará compuesto de dos tipos diferentes, alumbrado “Normal”, y alumbrado “Básico”. La diferencia entre ellos está en sus circuitos de alimentación; el primero cuelga de barras con alimentación única desde la red exterior, pasando por los escalones de transformación existentes, y el segundo, en condiciones normales del sistema eléctrico, tiene la misma alimentación que el primero, pero en condiciones excepcionales cuenta, además, con una alimentación alternativa desde el Grupo Diesel de Emergencia. Este alumbrado básico, lo proporcionará el suministrador de las Turbinas y estará confinado en el módulo de turbina-alternador y en el módulo prefabricado de control: No se prevé nada en el exterior de Turbinas.
- b) En la Central, el alumbrado básico estará constituido por un tercio (1/3), aproximadamente, del alumbrado normal. En el caso de la Sala de Control, Sala Eléctrica, y zonas de paso frecuente, los aparatos de alumbrado tendrán incorporado equipos autónomos para garantizar el alumbrado durante una (1) hora sin el Grupo Diesel Electrónico (GDE).
- c) El alumbrado de seguridad para las vías de escape estará constituido por aparatos autónomos con baterías de NiCd, o similares, y su equipo auxiliar asociado, con una capacidad de una (1) hora, y que en condiciones normales de operación de la planta estarán alimentados desde la red de alumbrado básico, por lo tanto su funcionamiento será continuo. El nivel de iluminación será como mínimo el indicado en la Instrucción Técnica Complementaria MIE-BT-025-2.2. Este alumbrado de seguridad será facilitado por el fabricante de las Turbinas. No se prevé nada en el exterior de la Turbinas.

9.2. Niveles de iluminación

- a) Alumbrado Normal:
 1. Salas Eléctricas ... :300 lux
 2. Sala de Control, frente a paneles:500 lux
 3. Sala de Control, áreas de trabajo:300 lux

4. Sala de Control, áreas de paso:.....	200 lux
5. Salas de equipos mecánicos:.....	300 lux
6. Salas de reuniones y despachos:.....	300 lux
7. Laboratorios y salas de diseño:.....	500 lux
8. Salas de equipos no frecuentados:.....	200 lux
9. Zonas de paso frecuente:.....	100 lux
10. Zonas de paso infrecuente:.....	50 lux

b) Alumbrado Básico:

Se aplicará 1/3, aproximadamente, de los valores del alumbrado normal, excepto para la Sala de Control que será del 50%, si se requiere, pues ésta existe actualmente.

c) Alumbrado de viales

1. Viales:.....	30 lux
-----------------	--------

d) Alumbrado de Seguridad:

1. Escaleras principales de escape:.....	5 lux
2. Accesos principales:.....	5 lux
3. Rutas de escape, en general, mínimo:.....	2 lux

e) Los coeficientes de uniformidad, para el alumbrado normal, en los lugares de trabajo, no serán inferiores a 0,60 respecto al valor medio, y a 0,45 para la relación con el valor máximo.

f) Alumbrado exterior. Se aplicarán:

1. En zonas generales, no sujetas a revisión o maniobra el mismo criterio que para viales.
2. En zonas generales, sujetas a posibles revisiones o maniobras que no tengan alumbrado local específico, se aplicará el criterio de sala de equipos no frecuentados.
3. En zonas específicas, que no se pueden cubrir con alumbrado general, se dispondrán alumbrados locales con criterio de salas de equipos mecánicos.

9.3. Tipos de aparatos

a) Se utilizarán luminarias abiertas en salas eléctricas y electrónicas, en el resto serán cerradas IP-54. En la sala de baterías, si la hubiera, serán de seguridad aumentada.

- b) De acuerdo con las áreas de trabajo el tipo de alumbrado podrá ser con lámparas fluorescentes o con lámparas de vapor de mercurio de alta presión (Interior), y de vapor de sodio de alta presión para viales.
- c) En áreas interiores pequeñas se utilizarán tubos fluorescentes de 36W.
- d) En áreas interiores grandes se utilizarán tubos fluorescentes de 58W, siempre que la altura de montaje no supere los 4 m.
- e) En áreas interiores grandes que requieran una altura de instalación de los aparatos superior a los 4 m se utilizarán lámparas de vapor de mercurio de 250 W.
- f) En todos los casos, las luminarias, dispondrán de arrancadores con alto factor de potencia, y los aparatos de alumbrado fluorescente irán equipados con encendido electrónico.
- g) El alumbrado de viales se realizará mediante báculos metálicos, galvanizados, monobloc, troncocónicos, de 10 m de altura, con brazo inclinado de 1,5 m. Irán equipados con lámparas de sodio de alta presión de 150 o 250 W, respectivamente. Se procurará que las nuevas luminarias y báculos sean del mismo tipo, o lo más parecido posible, que los existentes.

9.4. Circuitos

Según lo indicado anteriormente, existirán dos posibles fuentes para la alimentación de los diferentes tipos de alumbrado, lo que dará lugar a los siguientes circuitos independientes:

- a) Circuito de alumbrado normal
Se alimenta de las barras de distribución de 400-230V de turbinas, y alimentará a la totalidad de los aparatos de alumbrado. Será un criterio que verificará el fabricante de turbinas.
- b) Circuito de alumbrado básico
Se alimenta de las barras de distribución de 400-230V de los servicios esenciales de la turbina, y alimentará a 1/3 de los aparatos de alumbrado. Si en la Sala de Control existente hubiera que añadir este tipo de alumbrado (en la parte afectada), el número de aparatos que habría que alimentar sería el 50% del total que hubiera que instalar. Será un criterio que verificará el fabricante de turbinas.
- c) Circuito de viales
Se alimenta, completamente, de las barras de distribución de 400-230V del Centro de transformación de servicios auxiliares de turbinas.
- d) Circuito de Seguridad.
Los aparatos de alumbrado de seguridad, y aquellos otros que dispongan de equipos autónomos, ambos con capacidad para 1 hora, arrancarán con pérdida de tensión, por lo que se tendrá en cuenta en su conexionado el mando por interruptores locales. Será un criterio que verificará el fabricante de turbinas.

Los circuitos de alimentación para las lámparas de descarga de alta presión estarán dimensionados para 1,5 veces su intensidad en régimen permanente. Los interruptores de salida serán magnetotérmicos y diferenciales, pudiendo agruparse estos últimos (diferenciales) de forma que la actuación de uno de ellos no provoque una pérdida de más del 33%, aproximadamente, de un área funcionalmente homogénea.

Los interruptores en general, podrán ser monofásicos o trifásicos con neutro, respectivamente, y se escalonarán teniendo en cuenta la reglamentación y normativa aplicable. Los circuitos no superarán los 2500 W.

El alumbrado exterior estará controlado, indistintamente, por uno cualquiera de los tres tipos de mando, que se incluirán, en el armario de alumbrado:

- a) Mando automático controlado por célula fotoeléctrica. Como medida de seguridad dispondrá de un reloj que bloqueará el encendido del alumbrado en día de baja luminosidad. Alternativamente, en un futuro, el mando automático podría ser controlado por programador horario, si las condiciones de explotación lo exigen.
- b) Mando manual, directo

9.5. Reservas

Los armarios de alumbrado tendrán un 20% de interruptores de reserva.

10. CABLES

Los cables serán de cobre con aislamiento seco, no propagadores de la llama ni del incendio de acuerdo con las normas CEI – 332.1 y CEI – 332.3, de baja emisión de humos. Los cables de control o de comunicaciones serán libres de halógenos, y bajo índice de toxicidad. Los cables de media tensión serán resistentes a la radiación ultravioleta.

10.1. Criterios Generales

- a) El nivel de aislamiento (V_0 / V) de los cables de potencia y de control que se utilicen, serán los siguientes:
 1. Cables de potencia sistema 11.5 kV:.....12/20 kV
 2. Cables de potencia sistema 400 V:.....0,6/1 kV
 3. Cables de potencia sistema 400 – 230 V:.....0,6/1 kV
 4. Cables de potencia sistema 125 V c.c.:0,6/1 kV
 5. Cables de potencia sistema 230 V c.a:0,6/1 kV
 6. Cables de control a 125V cc:0,6/1 kV
 7. Cables de control, señales débiles:300/500 V
- b) El aislamiento de los cables de Media Tensión será del tipo EPR con cubierta de PVC – ST2, el de los cables de Baja Tensión y de control serán de XLPE con cubierta PVC-ST2.
- c) Los cables de Media Tensión serán de triple extrusión simultánea, de campo radial y apantallados.
- d) Los cables de Media Tensión estarán diseñados de forma que en régimen permanente a plena carga, la temperatura del conductor no exceda de 90 ° C.
- e) Los cables de potencia de Baja Tensión no dispondrán de pantalla.
- f) Los cables de control dispondrán de pantalla de trenza de cobre.
- g) Los cables de potencia serán clase 2. No se admitirán cables rígidos, cualquiera que sea la sección.
- h) Los cables de control serán de clase 5.
- i) Los cables de instrumentación para señales analógicas serán trenzados por pares y apantallados por octetos, excepto los de conexión a Pt100, que serán trenzados por ternas y apantallados cada tres ternas. Los de señales digitales serán trenzados y apantallados por octetos.
- j) El número máximo de conductores por cable será de 4 octetos (32 hilos) para señales digitales y analógicas, y de 2 conjuntos de tres ternas (18 hilos) para las señales Pt100.
- k) Los cables de potencia de sección mayor o igual a 185 mm², serán unipolares hasta 400 mm². No se instalarán cables de sección superior a 400 mm², salvo casos especiales de corrientes de generación.

l) Las secciones de cables de control y medidas serán las siguientes:

- 1 De instrumentos a Cajas 1,5 mm²
- 2 De Cajas a Marshalling 1,0 mm²
- 3 De Cajas Marshalling a cabinas de electrónica 0,5 mm²
- 4 Medidas de Intensidad (4 hilos, apantallados)..... 6,0 mm²
- 5 Medidas de Tensión (4 hilos, apantallados) 6,0 mm²

En interior de armarios se admite 2,5 mm² para 4 y 5.

En el caso n° 5 se trata de sección mínima. La sección adecuada será la que garantice que la caída de tensión en el circuito no supere el 1%, en todo su recorrido.

En el caso n° 4 la sección podrá crecer a 10 mm² ó mayor para que la absorción de potencia del cable sea inferior a 4 VA, entre transformador y equipo de medida.

10.2. Dimensionamiento

El dimensionado de los cables de potencia se hará considerando la sección mayor que cumpla con las condiciones que se indican a continuación:

a) Por Capacidad de Carga

Los cables para la alimentación de equipos desde las cabinas de Media y Baja Tensión, o desde los Centros de Control de Motores, serán capaces de transportar permanentemente el 110%, aproximadamente, de la intensidad a plena carga del equipo, una vez aplicados los coeficientes de corrección aplicables en función de sus tendido. Se considerará que la temperatura para cables tendidos al aire es de 40 °C, y para los enterrados, 25 °C. La intensidad nominal se hará para una tensión nominal reducida en un 5%, al ser el margen de variación posible en el sistema.

Los cables que alimenten los primarios de los Transformadores de MT/BT y embarrados de BT asociados, serán capaces de transportar, permanentemente, el 125%, aproximadamente, de la intensidad nominal de los transformadores.

Los cables que alimenten los Centros de Control de Motores, serán capaces de transportar el 100% de la intensidad nominal de la barra.

Los cables instalados por distintos tipos de canalizaciones, y ambientes, se dimensionarán teniendo en cuenta los coeficientes más restrictivos.

En el dimensionado de los cables se tendrán en cuenta todos los coeficientes de corrección que dependan de las condiciones de montaje, y estarán de acuerdo con las normas UNE y CEI.

b) Por Cortocircuito

La sección mínima de los cables de Media Tensión a 15 kV, excepto los de alimentación a motores que serán protegidos por fusibles, y los de Baja Tensión del sistema de 400 V, se determinará en función de la máxima intensidad de cortocircuito, de los tiempos de actuación y de apertura de su protección y su interruptor (500 ms), respectivamente, así como de la temperatura admisible en el conductor.

Los cables alimentados mediante fusibles no es necesario calcularlos para resistir el cortocircuito.

c) Por Caídas de Tensión

Los cables se dimensionarán de forma que la caída de tensión en los mismos, con carga nominal, no exceda de los siguientes valores:

-Alimentaciones a trafos MT/BT	0 %
-Alimentación a barras de BT	0,5 %
-Alimentaciones a CCM	1,5 %
-Alimentaciones a trafos de alumbrado	1 %
-Alimentaciones a motores desde CCM, $P \leq 75\text{kW}$	3 %
-Alimentaciones diversas desde CCM, $I \leq 250\text{ A}$	2,5 %
-Alimentación a barras de 400 – 230 V	0,5 %
-Alimentación a Armarios de 400-230	1,5 %
-Circuitos de Distribución de 400-230V	3 %
-Motores de $P > 75\text{ kW}$	3 %
-Motores de $P > 75\text{ kW}$, arrancando	10 %

La suma de caídas de tensión desde el secundario de un transformador hasta el consumidor más alejado, sin otros escalones de transformación intermedio, será, en todos los casos $\Delta U \leq 5\%$, en régimen estable (todos los transformadores de las plantas tendrán regulación en vacío).

11. CANALIZACIONES PARA CABLES

Los cables estarán separados en canalizaciones independientes de acuerdo con su nivel de tensión o el servicio que prestan, según los siguientes criterios.

Las ampliaciones o modificaciones de las canalizaciones existentes se harán, si es posible, respetando los materiales y criterios existentes.

11.1. Criterios Generales

Aplicarán a:

- a) Cables de Media Tensión
- b) Cables de potencia de Baja Tensión 400 V (Fuerza y Alumbrado)
- c) Cables de Control e Instrumentación

Se hará una previsión de espacio para canalización independiente para aquellos casos que puedan tener un requerimiento especial. Esta previsión puede consistir en una separación física dentro de la propia canalización de control cuando se trate de bandejas.

Los pasos de cables entre recintos o áreas diferentes dispondrán de sistema de protección pasiva, mediante sellado de huecos y cables, como protección contra incendios.

Las ampliaciones o modificaciones de las canalizaciones existentes se harán, en la medida de lo posible, con materiales y criterios iguales o similares a los existentes.

Las bandejas a utilizar serán, preferentemente, del tipo escalera, de acero galvanizado en frío, y con la rigidez suficiente para soportar el peso de los cables.

El diseño se realizará de forma que el grado de llenado de las bandejas, para cables de BT y de control, no supere el 50 %. Los cables de Media Tensión se tenderán en una sola capa con una separación mantenida entre ellos, de al menos, 1 diámetro.

La disposición de bandejas, para instalación aérea, normalmente, será, de arriba abajo, de acuerdo con el siguiente orden (para bandejas en zanjas el orden será el inverso):

- a) Bandejas para cables de Media Tensión, 15 kV
- b) Bandejas para cables de potencia de Baja Tensión (Fuerza y Alumbrado)
- c) Bandejas para cables de control e instrumentación
- d) Previsión de espacio para bandejas de cables especiales

Dónde el empleo de bandejas no sea posible, se utilizarán conductos. Así mismo, se utilizarán estos, para proteger los cables desde su abandono de las bandejas hasta los equipos, o hasta los instrumentos. Los conductos serán metálicos, de acero estirado sin soldadura y electro galvanizados, tipo conduit, con rosca NPT. En la acometida a equipos que puedan transmitir vibraciones o para acometidas a instrumentos en zonas de elevada temperatura, se utilizarán conductos flexibles de PVC aptos para dichas condiciones, con rosca NPT.

En áreas interiores, para las instalaciones de alumbrado, telefonía y megafonía, se podrán utilizar conductos de pared fina, según Norma DIN 49020 y rosca métrica, según Norma DIN 40430.

No se utilizarán accesorios para cambios de dirección, salvo para aquellos casos en que exista riesgo de daño a los cables por agentes externos.

En áreas exteriores los cables podrán ir bajo bancos de conductos enterrados, con arquetas de tiro y derivación cada 30 m, como máximo. También podrán utilizarse bandejas instaladas sobre zanjas de hormigón (canalillos) protegidas con tapas de hormigón, con marco metálico exterior en L.

Las cajas de tiro y derivación tendrán una protección IP-55, si se usan en el exterior de edificios, e IP-43 si se usan en el interior.

12. RED DE TIERRA Y PROTECCIÓN CONTRA EL RAYO

El Sistema de Red de Tierra tiene como función garantizar la seguridad de las personas, y de los equipos que formen parte de la instalación, contra la aparición de potenciales peligrosos (elevados gradientes de potencial) que se establezcan en condiciones de falta. Para su dimensionamiento se seguirán los siguientes criterios:

12.1. Criterios Generales

- a) La cuadrícula de la malla, no será superior a 10x10 m, y se procurará que la instalación real se ajuste lo más posible a la cuadrícula determinada.
- b) La intensidad de cortocircuito que se considerará para el dimensionamiento de la sección del conductor de la malla, será la mayor que se obtenga por cálculo de la falta con tierra en los sistemas correspondientes.

Dado que en este caso la sección del conductor será de 185 mm², igual a la existente, se comprobará si para esta sección de conductor no se sobrepase el límite de temperatura de 200 °C, para una densidad de corriente de 160 A/mm² indicados en la MIE-RAT-13.3, en una configuración “Normal” de la red, pudiéndose alcanzar el límite de 300 °C, con una densidad de 192 A/mm² con una configuración “No Habitual”.

- c) Se considerará un tiempo de duración del defecto de 100 ms.
- d) La malla irá enterrada a 0,9 m de profundidad.

- e) La malla tendrá una extensión uniforme y continua en la superficie que se establezca. Salvo interferencias notorias e insalvables, la misma tendrá continuidad de tendido, incluso descendiendo de nivel, bajo cimentaciones de edificios o construcciones, y remontando posteriormente a nivel.
- f) La resistividad del terreno será la media de los valores que se obtengan en las plantas, medidos a distintas profundidades, o los que proporcione la PROPIEDAD de estudios anteriores.
- g) El estudio se realizará siguiendo las instrucciones de ANSI/IEEE-Std 80/, considerando que la instalación no está unida a la red de tierra de las instalaciones existentes en el recinto de la Central, y verificando que los resultados cumplen con lo especificado en la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT-13.
- h) La nueva malla quedará unida con las existentes, al menos, en cuatro puntos, en cada uno, por dos conductores de 185 mm². En todos los casos se dispondrán de puentes desmontables instalados en arquetas registrables, que permitan independizar ambas mallas para la realización de ensayos y mediciones. En condiciones normales siempre deben estar unidas, adoptando las medidas necesarias para que esto se cumpla.
- i) La red de tierra servirá como toma de tierra para equipos y estructuras, y para los sistemas eléctricos, incluyendo los equipos de protección atmosférica, si fuesen necesarios, y contra sobretensiones de maniobra. Se dejarán suficientes latiguillos de 185 mm² en espera, de 1,5 a 2 m de longitud, para que la red aérea de tierra no tenga circuitos demasiado largos.
- j) La red estará formada por cable de cobre desnudo de 185 mm² formando una malla, y se instalarán picas de puesta a tierra, si fueran necesarias, que serán de acero recubierto de cobre (roscadas en sus extremos para poderse acoplar entre sí e incrementar su longitud total). Las secciones de las picas serán determinadas por cálculos aplicando lo indicado en la Instrucción Técnica Complementaria MIE-RAT-13.

En caso de tomar componentes comerciales de sección fija, el cálculo determinará el número de disposición aplicada.

- k) Todos los empalmes y uniones bajo tierra necesarios para constituir la malla se realizarán mediante soldadura aluminotérmica.

- l) Los diferentes sistemas componentes de la planta estarán puestos a tierra, según el siguiente detalle:

-Sistema AT (1)	Rígido a tierra en primario
-Sistema MT (2)	Resistencia de alto valor
-Sistema 400 V de proceso (3)	Resistencia de alto valor (Neutro no distribuido)
-Sistema 400-230 V (3)	Rígido a tierra. (Neutro distribuido)

- (1) Neutro transformador principal
(2) Neutro generador
(3) Neutro transformador

- m) Los equipos se pondrán a tierra de acuerdo con los criterios siguientes:

1. Todos los equipos y estructuras metálicas accesibles, que eventualmente puedan quedar bajo tensión, se conectarán a la malla de tierra.
2. Las conexiones a la malla de los equipos y estructuras se efectuará en puntos visibles. En general, los motores de media tensión, los transformadores de MT/BT, dispondrán, como regla general de dos tomas de tierra diametralmente opuestas, mediante una doble línea de tierra, conectándose a la malla en lugares distintos. Ello también aplicará a estructura de equipamiento eléctrico.
3. Todas las cabinas, centros de control de motores, paneles eléctricos, y armarios locales dispondrán de un embarrado de toma de tierra que se conectará a la malla general de tierra en sus dos extremos por medio de cable de cobre. La sección de estas pletinas y de los cables de derivación se determinarán de acuerdo con la corriente de falta esperada en ese punto (cortocircuito bifásico a tierra).
4. Todas las estructuras metálicas, tanques, torres, postes y elementos similares se conectarán a la malla de tierra, incluso la ferralla de las cimentaciones. Las escaleras, pasamanos y rejillas se conectarán a la malla de tierra a través de las estructuras metálicas de los edificios o cables de tierra. Las armaduras y los raíles de los transformadores se conectarán también a la malla general de tierra.
5. Cualquier equipo no situado sobre la superficie mallada debe disponer de un bucle perimetral de tierra que lo rodee a una distancia de 1m, y enterrado a una profundidad de 0,9 m y aislado de la red general de tierra.

6. Los soportes metálicos de alumbrado situados en el exterior de la zona mallada se pondrán a tierra individualmente mediante picas, que estarán aisladas de la red general de tierra.
7. Aquellos elementos metálicos que por su función o naturaleza se dispongan físicamente más allá de los límites del cercado de la instalación, tales como raíles de ferrocarril o tuberías, que procedentes del exterior de la instalación, penetren en el interior de ésta, que puedan dar lugar a transferencias de potenciales elevados al exterior de la instalación, se unirán a la red de tierra en los tramos que coincidan con ésta, y se colocarán juntas de aislamiento entre estos tramos y los que se prolonguen hacia al exterior, e incluso se instalarán descargadores de sobretensión dónde se instale la junta de aislamiento.
8. Las grandes estructuras, si superan los 25m, y no quedasen protegidas por instalaciones existentes de esta naturaleza, dispondrán de un sistema de pararrayos que se conectarán, por el camino más corto posible, a la malla general de tierra, y a picas suplementarias, si éstas fueran necesarias.
9. La valla perimetral del recinto destinado, si la hubiera, se conectará a la red general de tierra, siempre que la misma se encuentre dentro de la superficie mallada o en su proximidad. Los tramos de valla externos a la malla general de tierra no se conectarán a la misma, aislándose, donde proceda, de la valla que sí esté puesta a tierra.
10. Si fuera el caso, para los tramos de valla que sean externos se realizará la puesta a tierra mediante un conductor perimétrico situado a 1 m hacia el exterior de la instalación, enterrado a 0,9 m de profundidad y colocando picas cada cuatro apoyos, aproximadamente, uniendo sus cabezas a dicho conductor perimétrico.
11. Las puertas de acceso a la instalación, si se requieren para este caso, se pondrán a tierra mediante bucle circular con centro sobre el eje de giro de la puerta y radio igual a la mitad de la anchura de la misma, enterrándose dicho bucle a 0,9 m de profundidad. Si la puerta fuese de doble hoja, se procederá de idéntica forma con cada una de las hojas.
12. Se colocarán picas de puesta a tierra en el perímetro de la malla, así como en los puntos singulares de la red, tales como neutros puestos a tierra, pararrayos autoválvulas, etc.

En principio, y si ello es posible, se determinará la malla sin incluir picas en el diseño inicial, de forma que si los resultados son aceptables, el añadir picas a posteriori redundará en un afianzamiento de seguridad.

En el caso de malla de geometría regular, se colocarán picas en las esquinas y regularmente en el perímetro, a fin de homogeneizar el potencial y cubrir huecos, por interrupción de continuidad, de uniformidad de potencial de malla.

En mallas de geometría irregular se colocaran picas suplementarias en cada vértice de la irregularidad.

13. Se pondrán a tierra todos y cada uno de los tramos de canalizaciones, tuberías, bandejas, etc., pues en caso contrario, en las uniones entre tramos pueden aparecer, durante faltas a tierra, intensidades que pueden provocar incandescencia en puntos de partes metálicas, posibilitando provocar incendios cuando contengan sustancias inflamables o atraviesen ambientes que lo sean.
14. Si las tensiones de contacto resultantes en la instalación fueran superiores a las tensiones máximas admisibles por el cuerpo humano, se admitirá la posibilidad de elevar el valor de las tensiones máximas admisibles hasta situarlas por encima de las resultantes.

Para ello se modificará la resistividad superficial del terreno añadiendo una capa de alta resistividad (que permita situar las tensiones máximas admisibles por encima de las resultantes) alrededor de las partes metálicas accesibles, proporcionado una superficie con una anchura mínima de 1,5 m alrededor los elementos afectados.

Si no fuese posible realizar esta modificación del terreno, se situará un bucle perimetral de tierra a una distancia de 1 m del contorno del elemento metálico accesible y a una profundidad de 0,9 m. Este bucle se unirá a la red general de tierra, comprobándose mediante ensayo que no aparecen tensiones peligrosas. Otra posible solución consistiría en impedir físicamente el acceso y el contacto a ese elemento.

15. Si la resistencia resultante de puesta a tierra fuese superior a la calculada se añadirán picas de puesta a tierra en la malla, o en una zona próxima, que se unirá por cable desnudo a la malla principal, aumentando así la superficie de disipación de falta.

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica**

**ANEXO A LA MEMORIA
ESTUDIO DE CONSUMOS Y DIMENSIONAMIENTOS DE
TRANSFORMADORES**

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2.009

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	4
3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	4
3.1. Niveles de tensión y transformación	4
3.2. Transformadores	5
3.3. Equipos y/o cargas de consumo	6
3.3.1 Equipos y Cargas en Cabinas de BT del CT-SAT	6
3.3.2 Equipos y/o Cargas en Cuadro de Fuerza y alumbrado del CT-SAT	6
4. JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA REQUERIDA EN CT-SAT	7
4.1. Estudio de consumos en el Cuadro de Fuerza y Alumbrado.	8
4.1.1 Fuerza exterior, de turbinas	8
4.1.2 Alumbrado exterior, de turbinas	10
4.1.3 Equipos secundarios de Edificio contra-incendios	12
4.1.4 Determinación Conjunta y Dimensionamiento del transformador TCA	14
4.2. Estudio de consumos en barras principales de CT-SAT	16
4.2.1 Servicios Auxiliares de Turbina.	16
4.2.2 Equipos principales de edificio contra-incendios.	17
4.2.3 Columna CCM's.....	18
4.2.4 Alimentación a Cuadro de Fuerza y Alumbrado	19
4.2.5 Determinación conjunta y dimensionamiento de los transformadores TSA-1 y TSA-2.....	19
5. CONCLUSIONES	21
ANEXO I: ESQUEMA UNIFILAR, SIMPLIFICADO, DE LA INSTALACIÓN	23
ANEXO II: JUSTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN Y EL CAMBIADOR DE TOMAS EN VACÍO DE LOS TRANSFORMADORES TSA-1 Y TSA-2.	25
ANEXO III: DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE NEUTRO EN LOS TRANSFORMADORES TSA-1 Y TSA-2	29
ANEXO IV: DIMENSIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PROTECCIÓN	31

1. OBJETO

En la Central Térmica de Ibiza, van a implantarse nuevas turbinas de Gas, que incrementarán su capacidad de generación, para satisfacer el incremento de consumo sobre la Red Eléctrica, a la que se conectarán.

En concreto, junto con actuaciones ya ejecutadas, van a entrar en servicio cuatro (4) turbinas programadas y una (1) más futura, que requieren de alimentación de respaldo de sus Servicios Auxiliares, SS.AA.

Ello justifica la necesidad de construir un nuevo Centro de Transformación que los alimente.

La implantación de un Centro de Transformación de SS.AA., CT-SAT, para dar servicio a distintas alimentaciones de B.T., para las turbinas, requiere del estudio y cálculo, inicial, de la potencia eléctrica a satisfacer desde dicho CT-SAT. Con ello se podrá determinar y dimensionar los distintos transformadores que compondrán el nuevo Centro de Transformación, así como el aparellaje que deba instalarse.

El objeto del presente documento, consistirá en determinar el consumo que debe satisfacerse desde el nuevo CT-SAT, así como el dimensionamiento de los transformadores de MT/BT y BT/BT asociados a dicho Centro de Transformación.

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- Esquema unifilar simplificado de la Instalación.
- Conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumental necesarios para realizar la adecuada gestión técnica de los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares. Establecidos por el Operador del Sistema Eléctrico, Red Eléctrica de España S.A..

3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

3.1. Niveles de tensión y transformación

El nuevo Centro de Transformación de SS.AA, CT-SAT, dará servicio a distintas alimentaciones de B.T. ubicadas en las nuevas Turbinas de Gas en la Central Térmica de Ibiza y componentes asociados.

Para poder ofrecer dicho propósito, el Centro de Transformación deberá ser capaz de transformar la energía procedente desde las barras de Central de M.T. 15 kV, de Ibiza II, a las que se conectará, hasta los siguientes niveles, de B.T., en barras del nuevo CT-SAT:

- 400 V en embarrado principal del CT-SAT, para alimentaciones trifásicas, denominado Cabina de Baja Tensión, CBT-CT.
- 400/230 V en embarrado de subdistribución de fuerza y alumbrado del CT-SAT, para alimentaciones trifásicas y monofásicas, denominado Cuadro de Fuerza y Alumbrado, CFA-CT.

La alimentación a la Cabina de Baja Tensión, CBT-SAT, del Centro de Transformación se realizará mediante dos (2) circuitos independientes, y análogos, desde Barras de Central de 15 kV , en Ibiza II.

Dichos circuitos estarán constituidos, fundamentalmente, por un (1) transformador con topología de conexión Dyn con impedancia de neutro, limitadora de falta a tierra, de 5 A.

La relación de transformación (nominal) será: $15 \pm 2 \times (2,5 \%)$ kV/410 V.

La alimentación al Cuadro de Fuerza y Alumbrado, CFA-CT, del Centro de Transformación se realizará mediante un (1) circuito desde las Cabinas de Baja Tensión, CBT-CT, de dicho Centro.

Dicho circuito estarán constituido, fundamentalmente, por un (1) transformador con topología de conexión Dyn con neutro rígido a tierra y distribuido.

La relación de transformación (nominal) será: 400V /400-230 V.

Estableciéndose, por tanto, dos niveles de transformación, una transformación MT/BT y otra BT/BT.

3.2. Transformadores

De acuerdo con lo anteriormente expuesto se necesitarán, al menos, dos transformadores, uno para realizar la transformación MT/BT, alimentando las barras de las Cabinas de Baja Tensión, CBT-CT, y otro transformador para realizar la transformación BT/BT, alimentando las barras del CFA-CT de dicho Centro.

Si bien, por Criterios de Diseño de Endesa, se emplearán dos (2) transformadores MT/BT, denominados TSA-1 y TSA-2, para alimentar las barras principales del Centro de Transformación, en configuración de “2 x 100%”, con capacidad para alimentar cada uno de ellos la totalidad del consumo, en caso de falta de alguno. En condiciones normales, cada transformador alimenta a los consumos de sus barras.

También se precisará un (1) transformador BT/BT, denominado TCA, para alimentar el CFA-CT, del Centro de Transformación.

Las principales características de los transformadores propuestos para la implantación del nuevo CT-SAT, se detallan a continuación:

Id.	Tensión		Potencia Nominal	Conexión	Impedancia Neutro	Refrig.	Potencia ANAF
	Primario	Secundario					
TSA-1	15±2·2,5% kV	410 V	1.600 kVA	Dyn11	50 Ω 1.250 W	AN/AF	2.240 kVA
TSA-2	15±2·2,5% kV	410 V	1.600 kVA	Dyn11	50 Ω 1.250 W	AN/AF	2.240 kVA
TCA	400	400/230	400 kVA	Dyn11	N/A	AN/AN	N/A

Se establece que los primarios de los transformadores estén en conexión triángulo, para confinar los desequilibrios de fase originados por faltas monofásicas o bifásicas y obtener con ello segregación de secuencia entre niveles de tensión.

3.3. Equipos y/o cargas de consumo

Se deberá dar servicio, desde el nuevo Centro de Transformación de SS.AA., a los equipos y/o cargas que se detallarán, posteriormente.

De forma, que desde las barras de las Cabinas de B.T., CBT-CT, en configuración de interruptor “2 x 100%”, se alimenten lo más equilibradamente posible, las cargas y/o equipos trifásicos de mayor consumo, incluyendo la alimentación de las barras del Cuadro de Fuerza y Alumbrado, CFA-CT, mediante el transformador TCA. Así como, posibilitar tener en cuenta la previsión de reserva para futuras cargas y/o equipos.

Las barras del CFA-CT del nuevo Centro de Transformación alimentarán a cargas trifásicas de menor consumo, que las anteriores, así como a las cargas monofásicas que sean necesarias satisfacer desde el nuevo CT-SAT, especialmente las derivadas de los circuitos de alumbrado y fuerza, exterior, de las turbinas.

En el Anexo I, puede consultarse el Esquema Unifilar, simplificado, de la Instalación.

3.3.1 Equipos y Cargas en Cabinas de BT del CT-SAT

Deberán alimentarse desde Barras de CBT-CT, mediante los transformadores TSA-1 y TSA-2 las cargas y/o equipos trifásicos de mayor consumo, tales como:

- SS.AA., propios, de las turbinas TG5 y TG6, ya implantadas.
- SS.AA., propios, de las turbinas TG7, TG8 y TG9, previstas para un futuro.
- Columna de CCM's, para consumos varios, una de cuyas salidas estará destinada, exclusivamente a la alimentación de los equipos principales situados en el edificio contra-incendios de la Central, y destinados a su labor homónima, tales como: bombas principales, bombas “jockey”, rectificadores, puente grúa, etc.
- Alimentación a barras del Cuadro de Fuerza y Alumbrado.
- Reservas, para preveer futuras implantaciones de equipos y/o cargas.

3.3.2 Equipos y/o Cargas en Cuadro de Fuerza y alumbrado del CT-SAT

Deberán alimentarse desde las Barras del CFA-CT, las cargas y/o equipos trifásicos de menor consumo y las cargas monofásicas que deriven de estas, tales como:

- Alimentación a los circuitos de alumbrado y fuerza exterior de las turbinas TG5 y TG6, ya implantadas.
- Alimentación a los circuitos de alumbrado y fuerza exterior de las turbinas TG7, TG8 y TG9, previstas para un futuro.
- Alimentación a los equipos situados en el edificio contra-incendios, de la Central, trifásicos y/o monofásicos destinados principalmente a: fuerza, alumbrado, climatización y demás servicios generales del edificio.
- Alimentación a instalaciones de fuerza e interiores, del CT-SAT.

- Alimentación a Cuadros de Fuerza destinados al montaje, para obra.
- Reservas, previendo futuras implantaciones de equipos y/o cargas.

4. JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA REQUERIDA EN CT-SAT

Para determinar la potencia requerida en el CT-SAT, y teniendo en cuenta el Esquema Unifilar de la Instalación, se seguirá el siguiente procedimiento, comenzando desde los niveles de alimentación directa a consumos y ascendiendo hasta alimentaciones generales:

1) Determinar el Consumo del CFA-CT, para ello:

- a) Se realizará un estudio individual, de los servicios a cubrir desde dichas Barras. Se considerará su factor de potencia de carga, su factor de asimetría para su equivalente trifásico y su simultaneidad específica.
- b) Se realizará un estudio, conjunto, de todos los servicios a satisfacer desde Barras del CFA-CT.
- c) Con los resultados, obtenidos, se determinará la potencia que, al menos, debe satisfacerse desde las Barras del Cuadro de Fuerza y Alumbrado del CT-SAT, y se dimensionará el transformador TCA, al valor comercial, inmediatamente superior a la Potencia requerida.

2) Determinar el Consumo en Barras de CBT-CT, para ello:

- a) Se realizará un estudio individual, de los servicios a cubrir desde dichas Barras. Se considerará su factor de potencia de carga, su factor de asimetría para su equivalente trifásico y su simultaneidad específica.
- b) Se realizará un estudio, conjunto, de todos los servicios a satisfacer desde dichas Barras, que coincidirá con el consumo que debe satisfacerse desde el nuevo CT-SAT.

3) Con los datos obtenidos, se asignará una potencia base, que se corregirá al valor comercial superior y se determinará la previsión de su factor de carga en condiciones normales y en condiciones de refrigeración forzada.

En ningún caso, la potencia estará comprometida en relación a los servicios básicos importantes.

Las posibles puntas de consumos serán sustentados por la reserva en condiciones de refrigeración natural y/o en condiciones de refrigeración forzada.

4.1. Estudio de consumos en el Cuadro de Fuerza y Alumbrado.

A continuación se desarrollan las previsiones consideradas.

4.1.1 Fuerza exterior, de turbinas

Los servicios auxiliares de fuerza en exterior que van a preverse son única y exclusivamente para trabajos de mantenimiento de las turbinas y de equipos en su zona de influencia, pues no en vano, en el equipamiento interior de las turbinas, el fabricante prevé una dotación completa para los trabajos que lo requieran en el interior de la máquinas y sus instalaciones.

Ello hace, que estos servicios no sean en absoluto, comprometidos.

Se preverán once (11) alimentaciones para dar cobertura, desde el CT-SAT, a los servicios demandados para trabajos de fuerza exterior de turbinas.

Las alimentaciones de fuerza, exterior, tendrán la siguiente distribución:

- Dos (2) alimentaciones para servicios de fuerza, exterior, de las turbinas TG5 y TG6, ya implantadas, y deberán soportar una demanda impuesta por las siguientes dotaciones, por alimentación:
 - 4 tomas trifásicas, de 63 A.
 - 12 tomas monofásicas, de 16 A.
- Seis (6) alimentaciones para servicios de fuerza exterior, de las turbinas TG7, TG8 y TG9, de futura implantación, y satisfacerán una demanda impuesta por las siguientes dotaciones, por alimentación:
 - 2 tomas trifásicas, de 63 A.
 - 6 tomas monofásicas, de 16 A.
- Dos (2) alimentaciones para servicios de fuerza exterior, en concepto de reserva, con una demanda prevista, por cada alimentación de:
 - 4 tomas trifásicas, de 63 A.
 - 12 tomas monofásicas, de 16 A.
- Una (1) alimentación para servicio de fuerza interior del CT-SAT, con una demanda impuesta a satisfacer, de:
 - 1 tomas trifásica de 63 A
 - 2 tomas trifásicas de 32 A.
 - 6 tomas monofásicas de 16 A.
 - 2 extractores helicoidales, con un consumo unitario de 480 W, para servicio de ventilación de los recintos de ubicación de los transformadores TSA-1 y TSA-2.

Individualmente y para una correcta estimación del consumo, se deberá tener en cuenta, los correspondientes coeficientes de carga, simultaneidad y de asimetría para cada tipo de toma y por alimentación.

La Potencia requerida para las alimentaciones de fuerza exterior de la alimentación, k -ésima, se determinará según la expresión:

$$P_{k \text{ total}} = P_{k \text{ tomas_trifásicas}} + P_{k \text{ tomas_monofásicas}}$$

donde:

$$P_{k \text{ tomas_trifásicas}} = \sqrt{3} \cdot U_{n_k} \cdot N_{k \text{ tomas_trifásicas}} \cdot I_{n_k} \cdot C_{c_k} \cdot C_{a_k} \cdot C_{s_k} \cdot \cos \varphi_k$$

$$P_{k \text{ tomas_monofásicas}} = \sqrt{3} \cdot U_{n_k} \cdot N_{k \text{ tomas_monofásicas}} \cdot I_{n_k} \cdot C_{c_k} \cdot C_{a_k} \cdot C_{s_k} \cdot \cos \varphi_k$$

En donde, los términos: C_c , C_s y C_a representan:

- C_c : Coeficiente de carga.
- C_s : Coeficiente de simultaneidad.
- C_a : Coeficiente de asimetría. (En el caso de cargas trifásicas tendrá un valor unidad).

El consumo, local, demandado y expresado en sus correctas unidades (kVA), por cada alimentación de fuerza, exterior, se determinará finalmente mediante la expresión:

$$S_k \text{ (kVA)} = \frac{P_{k \text{ total}} \text{ (kW)}}{\cos \varphi_k}$$

La siguiente tabla, recoge los resultados obtenidos para la estimación del consumo, local, requerido por las alimentaciones de fuerza, exterior.

CARGA	U _n (V)	f.d.p.	I _n (A)	N° Tomas	Cc	Ca	Cs	Demanda nominal(A) (100% U _n)	P _n (kW) (100% U _n)	P _{total} (kW) (100% U _n)	S _n (kVA)
FUERZA TG5	400	0,75	63	4	0,6	1	0,75	113,4	58,92	105,01	140,01
	400	0,75	16	12	0,6	1,1	0,7	88,704	46,09		
FUERZA TG6	400	0,75	63	4	0,6	1	0,75	113,4	58,92	105,01	140,01
	400	0,75	16	12	0,6	1,1	0,7	88,704	46,09		
FUERZA TG7 A	400	0,75	63	2	0,6	1	0,9	68,04	35,35	61,69	82,25
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,8	50,688	26,34		
FUERZA TG7 B	400	0,75	63	2	0,6	1	0,8	60,48	31,43	54,48	72,64
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,7	44,352	23,05		
FUERZA TG8 A	400	0,75	63	2	0,6	1	0,9	68,04	35,35	61,69	82,25
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,8	50,688	26,34		
FUERZA TG8 B	400	0,75	63	2	0,6	1	0,8	60,48	31,43	54,48	72,64
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,7	44,352	23,05		
FUERZA TG9 A	400	0,75	63	2	0,6	1	0,9	68,04	35,35	58,40	77,87
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,7	44,352	23,05		
FUERZA TG9 B	400	0,75	63	2	0,6	1	0,8	60,48	31,43	54,48	72,64
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,7	44,352	23,05		
FUERZA RESERVA A	400	0,75	63	2	0,6	1	0,8	60,48	31,43	54,48	72,64
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,7	44,352	23,05		
FUERZA RESERVA B	400	0,75	63	2	0,6	1	0,8	60,48	31,43	54,48	72,64
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,7	44,352	23,05		
FUERZA INTERIOR + VENTILACIÓN	400	0,75	63	1	0,6	1	0,6	22,68	11,78	31,08	41,44
	400	0,75	32	2	0,6	1	0,4	15,36	7,98		
	400	0,75	16	6	0,6	1,1	0,3	19,01	9,88		
	N/A	N/A	N/A	2	N/A	1,5	1	0,48 kW	1,44		
TOTAL, FUERZA EXTERIOR DE TURBINAS											927,04

Así mismo, y con el fin de completar el estudio, se han determinado los calibres de los interruptores, de protección, que deben existir por cada alimentación. Dichos valores pueden observarse en los anexos al documento.

4.1.2 Alumbrado exterior, de turbinas

Para la determinación del consumo, requerido, para servicio de alumbrado, en las zonas exteriores de las áreas de implantación de las turbinas, se tendrán en cuenta, por alimentación de alumbrado, los consumos asociados tanto al número de luminarias empleadas y de su potencia unitaria como al consumo requerido para el Control de las

mismas. Dicho consumo de Control se ha estimado en 0,3 kW., por cada alimentación de alumbrado, teniendo en cuenta otros trabajos similares.

Es importante reseñar, que al igual que en el caso de los servicios de fuerza exterior, los servicios de alumbrado exterior no son comprometidos.

Teniendo en cuenta, la topología de la Instalación, como puede comprobarse en el Esquema Unifilar de la Instalación, se ha previsto, que el servicio para alumbrado exterior, se distribuya en una salida desde las Barras del CFA-CT, hasta Barras propias, de distribución de alumbrado.

Desde estas últimas Barras, se distribuirán ocho (8) salidas para alimentación de servicios de alumbrado, tanto para las zonas exteriores de las distintas turbinas, como para el alumbrado interior de la caseta, así como para futuras instalaciones, contempladas en concepto de reservas.

Así mismo, la estimación del consumo se completará teniendo en cuenta los correspondientes coeficientes de carga, simultaneidad y de asimetría, por cada alimentación de alumbrado.

Luego, la potencia requerida para la alimentación, k-ésima, de alumbrado exterior, se determinará según la expresión:

$$P_{k \text{ total}} = P_{k \text{ Lu min arias}} + P_{k \text{ control}}$$

donde:

$$P_{k \text{ Lu min arias}} = N_{k \text{ Lu min arias}} \cdot P_{k \text{ n_Lu min arias}} \cdot C_{k \text{ c}} \cdot C_{k \text{ s}} \cdot C_{k \text{ a}}$$

$$P_{k \text{ control}} = P_{k \text{ control_estimado}} \cdot C_{k \text{ c}} \cdot C_{k \text{ s}} \cdot C_{k \text{ a}}$$

En donde, los términos: C_c , C_s y C_a representan:

- C_c : Coeficiente de carga.
- C_s : Coeficiente de simultaneidad.
- C_a : Coeficiente de asimetría. (En el caso de cargas trifásicas tendrá un valor unidad).

El consumo (kVA), estimado, para servicio de alumbrado exterior de cada alimentación, se calculará, finalmente, mediante la expresión:

$$S_k \text{ (kVA)} = \frac{P_{k \text{ total}} \text{ (kW)}}{\cos \varphi_k}$$

Se recogen, en la siguiente tabla, los resultados obtenidos para la estimación del consumo, local, requerido por las alimentaciones de alumbrado, exterior.

CARGA	U _n (V)	f.d.p.	P _n (kW)	Nº Lumin.	Cc	Ca	Cs	Demanda nominal(A) (100% U _n)	P _n (kW) (100% U _n)	P _{total} (kW) (100% U _n)	S _n (kVA)
ALUMBRADO TG5	400	0,6	0,25	8	1	1,5	1	7,22	3,00	3,45	5,75
CONTROL ALUMB. TG5	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
ALUMBRADO TG6	400	0,6	0,25	9	1	1,5	1	8,12	3,38	3,83	6,38
CONTROL ALUMB. TG6	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
ALUMBRADO TG7	400	0,6	0,25	8	1	1,5	1	7,22	3,00	3,45	5,75
CONTROL ALUMB. TG7	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
ALUMBRADO TG8	400	0,6	0,25	8	1	1,5	1	7,22	3,00	3,45	5,75
CONTROL ALUMB. TG8	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
ALUMBRADO TG9	400	0,6	0,25	8	1	1,5	1	7,22	3,00	3,45	5,75
CONTROL ALUMB. TG9	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
RESERVA 1 ALUMBRADO	400	0,6	0,25	8	1	1,5	1	7,22	3,00	3,45	5,75
CONTROL ALUMB. RSV.1	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
RESERVA 2 ALUMBRADO	400	0,6	0,25	8	1	1,5	1	7,22	3,00	3,45	5,75
CONTROL ALUMB. RSV.2	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
ALUMBRADO CASETA(*)	400	0,6	0,168(*)	12	1	1,5	1	7,27	3,02	3,47	5,79
CONTROL ALUMB.CASETA	400	0,6	0,3	N/A	1	1,5	1	1,08	0,45		
(*) : 70 W (Lámp. Perimetrales) + 2x49 W (Lámp. Interiores)											
TOTAL ALIMENTACIONES DE ALUMBRADO											46,67

En los anexos al documento, podrán comprobarse el valor de los interruptores, de protección, asociados a cada alimentación.

4.1.3 Equipos secundarios de Edificio contra-incendios

Desde Barras del CFA-SAT se ha previsto una (1) alimentación para dar cobertura, a los servicios demandados por los equipos de menor consumo ubicados en el Edificio de contra-incendios de la Central.

Dichos servicios serán alimentados desde Barras Secundarias del Edificio contra-incendios, y desde éstas, se preverán tantas alimentaciones como equipos y/o cargas se alimenten, incluyendo dotaciones de reserva para futuras ampliaciones.

A diferencia, de los equipos Principales de contra-incendios, que sí serán equipos críticos y comprometidos, los que se tratan en este epígrafe no son, en absoluto, comprometidos.

La potencia requerida para la alimentación de estos equipos vendrá determinada por el consumo unitario de los mismos, así como, por los coeficientes de: carga, simultaneidad y asimetría que deben ser aplicados.

El procedimiento de cálculo es análogo al de los casos de fuerza y alumbrado, anteriormente descritos, por tanto:

$$P_{total} = \sum_k P_{unitaria_equipo_k}$$

donde:

$$P_{unitaria_equipo_k} = \sqrt{3} \cdot U_{nk} \cdot N_{equipos} \cdot I_{n_equipo_k} \cdot C_{kc} \cdot C_{ks} \cdot C_{ka}$$

En donde, los términos: C_c , C_s y C_a representan:

- C_c : Coeficiente de carga.
- C_s : Coeficiente de simultaneidad.
- C_a : Coeficiente de asimetría. (En el caso de cargas trifásicas tendrá un valor unidad).

El consumo (kVA), estimado, para dichos servicios, se calculará finalmente, mediante la expresión:

$$S(kVA) = \frac{P_{total} (kW)}{\cos \varphi}$$

La siguiente tabla, recoge los resultados obtenidos para la estimación de los consumos requeridos por los equipos secundarios situados en edificio de contra-incendios:

CARGA	U _n (V)	f.d.p.	I(A)(*)	Nº uds.	C _c	C _a	C _s	Demanda nominal(A)	P _n (kW)	P _{total} (kW)	S _n (kVA)	
Alumbrado CI	400	0,6	5	1	1	1,5	1	7,50	3,12	3,12	5,20	
Red de Enchufes	400	0,8	20	1	0,6	1,5	1	18,00	9,98	9,98	12,48	
Climatización	400	0,8	20	1	0,8	1,5	1	24,00	13,30	13,30	16,63	
Caseta Gasóleo	400	0,8	30	1	0,8	1,5	1	36,00	19,95	19,95	24,94	
Reserva	400	0,6	20	1	0,8	1,5	0,7	16,80	6,98	6,98	11,63	
Reserva	400	0,6	15	1	0,6	1,5	0,4	5,40	2,24	2,24	3,73	
(*) Valor estimado										TOTAL, EQUIPOS SECUNDARIOS DE C.I.:		74,60

4.1.4 Determinación Conjunta y Dimensionamiento del transformador TCA

Una vez, determinadas las demandas individuales, por servicio, y prosiguiendo con el procedimiento de cálculo anteriormente descrito, se realizará un estudio de demandas conjuntas entre los distintos servicios, que se alimentan desde Barras del Cuadro de Fuerza y Alumbrado, CFA-CT, y poder determinar la Potencia, real, que se requerirá corresponder desde dichas Barras.

Para ello, partiendo de los resultados obtenidos en los estudios individuales se aplicará el correspondiente coeficiente de simultaneidad por servicio y así determinar la potencia, real y efectiva, que se consumirá en Barras del CFA-CT.

Obteniendo:

CARGA	S _n (kVA) <i>-Individuales-</i>	Simult. Conjunta	S _{corregida} (kVA)
FUERZA	927,04	0,17	157,60
ALUMBRADO	46,67	1	46,67
C.INCENDIOS (3F+N)	74,60	0,6	44,76
MONTAJE	119,16	0,6	71,50
RESERVA BT1	89,375	0,3	26,81
TOTAL, EN BARRAS DE CFA-CT			347,33

La anterior demanda calculada y exigida, en Barras del Cuadro de Fuerza y Alumbrado del nuevo CT-SAT, permite dimensionar el Transformador TCA del Centro de Transformación.

Para ello, se seleccionará el Transformador con un valor comercial de Potencia nominal, inmediatamente superior a la Potencia requerida en Barras del CFA-CT.

Resultando:

TRANSFORMADOR TCA				Índice de Carga (%)	
Carga Trafo (kVA)	Coef. Seguridad	Carga _{corr.} (kVA)	Valor comercial AN(kVA) -Nominal-	Nominal	Sobrec.
347,33	15%	399,43	400	86,83	99,86

En principio, y dadas las características del servicio que va a tener, no se prevé más dotación de reserva, ni refrigeración forzada para el mismo.

4.2. Estudio de consumos en barras principales de CT-SAT

A continuación se desarrollarán las previsiones de demanda de los Bloques de consumos homogéneos, dentro de la distribución de Barras de la Cabina de BT, CBT-CT.

4.2.1 *Servicios Auxiliares de Turbina.*

Se preverán cinco (5) alimentaciones, desde Barras de CB-CT, para dar cobertura a la demanda requerida por los SS.AA. de las turbinas de Gas:

- TG5 y TG6 (ambas implantadas).
- TG7, TG8 y TG9 (previstas para un futuro).

Así mismo, se preverán, en concepto de reserva, dos (2) alimentaciones adicionales, para posibles ampliaciones.

El consumo de los SS.AA. de las turbinas vendrá determinado por el consumo de sus equipos asociados, según modo de operación de la turbina.

Los consumos de los SS.AA. de las turbinas, implantadas, TG5 y TG6 fueron facilitados por la Sociedad Explotadora de la Central.

Para el resto de alimentaciones de SS.AA. tanto de las turbinas, de futura implantación, como de las turbinas, en concepto de reservas, se ha supuesto que el consumo de sus SS.AA. será similar al consumo de los SS.AA. de TG6 (por ser más desfavorable que en el caso de TG5) por tener configuración y características nominales similares.

El estudio del consumo requerido, por las alimentaciones de SS.AA. de las turbinas se completará teniendo en cuenta los diversos modos de operación en los que pueden trabajar las mismas.

Para ello, y con el fin de establecer una situación factible de explotación se debe suponer el caso más desfavorable dentro de la siguiente situación de explotación:

- Una (1) turbina operando en modo arranque.
- Una (1) turbina operando en modo de funcionamiento normal.
- El resto de turbinas, en Stand-by

Una vez en cuenta tenidas estas premisas, se determinará el consumo requerido por las alimentaciones de SS.AA. en barras de CBT-CT.

El siguiente, cuadro-resumen, recoge la información del consumo de las alimentaciones de SS.AA. de turbinas, según modo de funcionamiento:

CARGA	U _n (V)	f.d.p.	CONSUMOS(KVA)				Sn(KVA)
			STAND-BY	ARRANQUE	NORMAL	PARADA	
TG5	400	0,80	56,10	246,10	172,90	85,10	56,10
TG6	400	0,80	120,00	315,00	268,00	140,00	315,00
TG7	400	0,80	120,00	315,00	268,00	140,00	268,00
TG8	400	0,80	120,00	315,00	268,00	140,00	120,00
TG9	400	0,80	120,00	315,00	268,00	140,00	120,00
RESERVA 1	400	0,80	120,00	315,00	268,00	140,00	120,00
RESERVA 2	400	0,80	120,00	315,00	268,00	140,00	120,00
TOTAL ALIMENTACIONES DE SS.AA.:							1119,1

4.2.2 Equipos principales de edificio contra-incendios.

Desde Barras de CBT-CT se han previsto diversas alimentaciones que den servicio a una columna de CCM's, de diversa naturaleza.

Si bien, una de estas alimentaciones dará, única y exclusivamente servicio a las Barras Principales del Edificio Contra-Incendios de la Central, y cuyos equipos se destinan a su labor homónima.

El consumo, demandado, por estos Equipos Principales determinará la potencia requerida en Barras Principales del Cuadro de Edificio Contra-incendios y, por ende, el consumo requerido en la alimentación de la columna de CCM's que le presta servicio.

El consumo requerido, en Barras Principales de Edificio de Contra-Incendios, vendrá determinado por el consumo de los Equipos y/o cargas existentes y se determinará mediante el siguiente procedimiento de cálculo, que se indica a continuación:

$$P_{total} = \sum_k P_{unitaria_equipo_k}$$

donde:

$$P_{unitaria_equipo_k} = \sqrt{3} \cdot U_{nk} \cdot N_{equipos} \cdot I_{n_equipo_k} \cdot C_{kc} \cdot C_{ks} \cdot C_{ka}$$

En donde, los términos: C_c, C_s y C_a representan:

- C_c: Coeficiente de carga.
- C_s: Coeficiente de simultaneidad.

- C_a : Coeficiente de asimetría. (Será unitario para todos los equipos, pues todos ellos son cargas trifásicas).

Es importante reseñar, que la alimentación denominada Contra-incendios, dará servicio, entre otras, a las bombas principales, a las bombas “jockey”, del Sistema contra-incendios, así como la alimentación de los Rectificadores. Estos consumos se consideran críticos y por tanto siempre deben estar garantizados.

Es por ello, que se dispone, como medida de seguridad, de un Grupo Diesel de Emergencia, GDE, que sea capaz de satisfacer el consumo de estos Equipos en caso de situaciones excepcionales.

La siguiente tabla, recoge la información del Consumo requerido por los Equipos Principales situados en Edificio Contra-incendios, y que son alimentados desde Barras principales del Cuadro con nombre homónimo, a través de una salida de la columna de CCM's, desde Barras Principales del CT-SAT.

CARGA	$U_n(V)$	f.d.p.	P_n (kW)	Nº uds.	C_c	C_a	C_s	P_{total} (kW) (100% U_n)	S_n (kVA)
Contra-incendios	400	0,8	110	1	1	1	1	110,00	137,50
Puente Grúa	400	0,8	15	1	1	1	0	0,00	0,00(*)
Rectificador Baterías	400	0,6	10	1	0,8	1	1	8,00	13,33
Reserva	400	0,6	10	1	0,3	1	1	3,00	5,00
TOTAL EQUIPOS PRINCIPALES DE CI:									155,83

(*) El consumo, previsto para la alimentación del Puente Grúa es de 18,75 KVA, pero debido a una simultaneidad nula con la alimentación de Contra-Incendios, en la tabla aparece como carga sin consumo explícito, dado que es un consumo muy inferior a la dotación de potencia para el resto de consumos conjuntos y solamente entrará en servicio cuando el resto de la instalación (en conjunto) esté parada o descargada.

4.2.3 Columna CCM's

Se preverán ocho (8) alimentaciones para dar servicio a una columna de CCM's, para diversas alimentaciones. Una de las alimentaciones CCM's, alimentará, exclusivamente, a los equipos principales situados en el Edificio Contra-incendios, de la Central, y dedicados a su labor homónima.

A excepción de la alimentación que presta servicio a los Equipos Principales de Edificio de Contra-incendios, cuyo consumo ha sido determinado en el epígrafe anterior, la determinación del consumo, requerido, por la alimentación, k-ésima, de la columna de CCM's, se calculará mediante la expresión:

$$P_{k_s} = \sqrt{3} \cdot U_{n_k} \cdot N_{k_{unidades}} \cdot I_{n_k} \cdot C_{c_k} \cdot C_{a_k} \cdot C_{s_k} \cdot \cos \varphi_k$$

En donde, los términos: C_c , C_s y C_a representan:

- C_c : Coeficiente de carga.
- C_s : Coeficiente de simultaneidad.
- C_a : Coeficiente de asimetría. (Será unitario para todos los equipos, pues todos ellos son cargas trifásicas).

A modo de resumen, se recogen los resultados obtenidos en la siguiente tabla:

CARGA	$U_n(V)$	f.d.p.	$I_n(A)$	Nº uds.	C_c	C_a	C_s	Demanda nominal(A) (100% U_n)	$P_{total} (kW)$ (100% U_n)	$S_n (kVA)$
CONTRAINCENDIOS 3F	400	0,80	250	1	0,90	1	1	225,00	124,71	155,89
FEEDER 2	400	0,80	250	1	0,40	1	1	100,00	55,43	69,29
FEEDER 3	400	0,60	160	1	0,60	1	1	96,00	39,91	66,52
FEEDER 4	400	0,80	160	1	0,40	1	1	70,40	39,02	48,78
FEEDER 5	400	0,80	63	1	0,60	1	1	37,80	20,95	26,19
FEEDER 6	400	0,60	63	1	0,30	1	1	18,90	7,86	13,10
FEEDER 7	400	0,60	63	1	0,30	1	1	18,90	7,86	13,10
FEEDER 8	400	0,80	63	1	0,30	1	1	18,90	10,48	13,10
TOTAL COLUMNA CCM'S:										405,95

4.2.4 Alimentación a Cuadro de Fuerza y Alumbrado

El consumo requerido, por la alimentación del CFA-CT, es el calculado en el epígrafe 4.1.

4.2.5 Determinación conjunta y dimensionamiento de los transformadores TSA-1 y TSA-2

Una vez, determinadas las demandas individuales, por servicio, y prosiguiendo con el procedimiento de cálculo que se describió al inicio del epígrafe 4, se realizará un estudio de demandas conjuntas entre los distintos servicios, que se alimentan desde Barras de CBT-CT y poder determinar la Potencia, real, que se debe satisfacer desde dichas Barras, es decir, la potencia del CT-SAT.

Debe recordarse que por condiciones de explotación, se duplican las alimentaciones a las Barras de Cabina de BT, CBT-CT, teniendo cada una de ellas capacidad plena, para atender a la totalidad de consumos del CT-SAT.

Para ello, partiendo de los resultados obtenidos en los estudios individuales se aplicará el correspondiente coeficiente de simultaneidad por servicio y con ello determinar la Potencia, real y efectiva, que se debe satisfacer desde el CT-SAT.

Obteniendo:

CARGA	$U_n(V)$	$S_n(kVA)$	Simult. Conjunta	$S_{\text{corregida}}(kVA)$
CFA-CT	400	347,33	0,8	277,86
CCM'S	400	405,95	0,4	162,38
TG'S	400	1119,10	1	1119,10
TOTAL:				1559,35

La anterior demanda calculada, y exigida, al Centro de Transformación de Servicios Auxiliares, CT-SAT, permite dimensionar los Transformadores TSA-1 y TSA-2 que se deben integrar en el Centro de Transformación.

Para ello, se seleccionará el Transformador con un valor comercial de Potencia nominal, inmediatamente superior a la Potencia requerida al CT-SAT, teniendo en cuenta además, que los transformadores MT/BT podrán trabajar en régimen de refrigeración AF y entregar, aproximadamente un 40% más de Potencia de su valor nominal.

El valor requerido para los Transformadores MT/BT será, por tanto, el recogido en la siguiente tabla resumen que se muestra a continuación:

TRANSFORMADORES TSA's					Índice de Carga(%) Nominal		Índice de Carga(%) AF	
Carga Trafo (kVA)	Coef. Seguridad	Carga _{corr.} (kVA)	Valor comercial AN(kVA) -Nominal-	Potencia AF(kVA)	Nominal	Sobrec.	Nominal	Sobrec.
1559,35	15%	1793,25	1600	2240	97,46	112,08	69,61	80,06

La disponibilidad de potencia, en régimen de refrigeración forzada, permitirá absorber las variaciones y puntas de carga que acontezcan.

5. CONCLUSIONES

Los cálculos de dimensionamiento de los transformadores, se han realizado suponiendo una sobrecarga del consumo requerido, y calculado, por los distintos servicios a los que se alimentan desde el CT-SAT, de un 15%. Los consumos, directamente se han considerado con valores nominales mayorados por seguridad.

Dichos consumos, de los distintos servicios, han sido calculados teniendo en cuenta los coeficientes de carga, asimetría y simultaneidad típicos. Si bien, cabe destacar que la mayoría de los equipos son de futura implantación y su consumo será, posiblemente, inferior al previsto.

El ejemplo más elocuente, será en el caso de las alimentaciones de fuerza y alumbrado exterior de las turbinas TG7 y TG8, donde debido a su proximidad, en emplazamiento de su futura implantación, hará disminuir las dotaciones, previstas, en tomas de fuerza y alumbrado exterior por cada turbina, obligándose a que algunas sean comunes y únicas.

Así mismo, y teniendo en cuenta, además, que:

- Debido a la topología de la instalación, “2 x 100%”, en el régimen nominal de explotación, la carga que absorba cada transformador MT/BT será, aproximadamente, la mitad de la calculada. Sólo en situaciones excepcionales de avería o de trabajos de mantenimiento de alguno de ellos, el transformador en servicio deberá aportar la carga que sea consumida por los equipos a los que se deba dar servicio desde el CT-SAT, a través del acoplamiento de Barras.
- La posibilidad de que los transformadores MT/BT puedan trabajar en refrigeración AF, siendo capaces de soportar en estas condiciones un 140%(aproximadamente) de la Carga que sería capaz de aportar trabajando en su régimen nominal de refrigeración AN, garantiza que ante situaciones excepcionales que puedan presentarse, la demanda requerida por los equipos alimentados a través del CT-SAT quedará cubierta.

Se concluye que:

- Los Transformadores, calculados, para ser integrados en el nuevo CT-SAT, son válidos para su propósito.
- Disponen de factores de carga holgados.
- Se dota, en MT/BT, de sobrepotencia de seguridad, vía refrigeración forzada.
- Se optimiza la configuración del Sistema, evitándose alcanzar valores elevados de cortocircuito. solamente en el caso de la distribución principal deberán incorporarse interruptores con característica limitadora

de valor de cortocircuito, para estar limitado el traslado de la capacidad de cortocircuito plena, a cable y servicio. La elevada corriente de estos consumos obliga a alimentar desde Barras Principales, no pudiéndose evitar la aparición de estos altos valores.

ANEXO I: ESQUEMA UNIFILAR, SIMPLIFICADO, DE LA INSTALACIÓN

Véase documento: Esquema Unifilar Simplificado de la Instalación

ANEXO II: JUSTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN Y EL CAMBIADOR DE TOMAS EN VACÍO DE LOS TRANSFORMADORES TSA-1 Y TSA-2.

Puesto que en Barras de CBT-CT la tensión nominal es de 400V, y dichas Barras se alimentan mediante los transformadores TSA-1 y TSA-2, estos deben ser capaces de vencer su caída de tensión interna, para que en dichas Barras se consiga dicha tensión nominal.

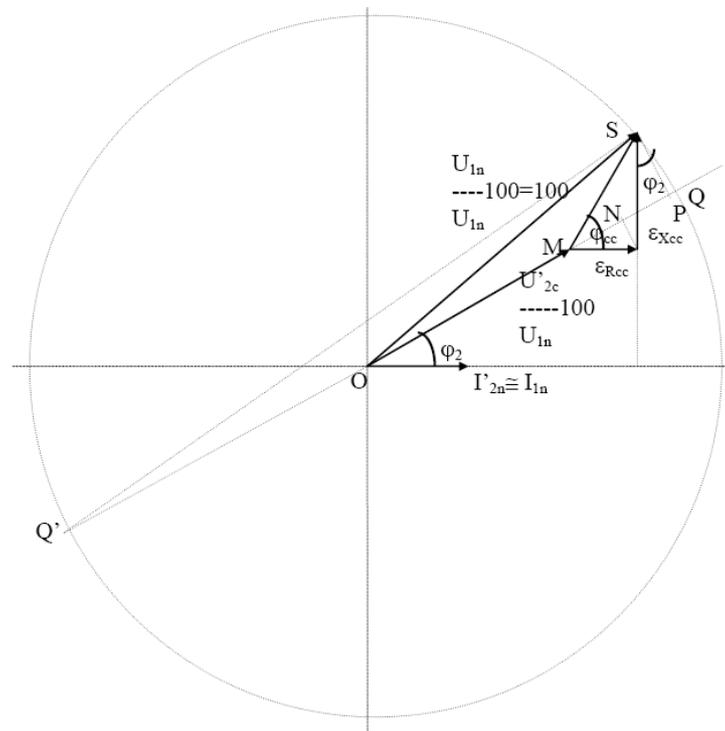
Por definición, la caída de tensión en un transformador viene determinada por la expresión:

$$\Delta U = \varepsilon_c [\%] = \frac{U_{1n} - U'_2}{U_{1n}} \cdot 100$$

donde:

- U_{1n} = Tensión nominal del devanado primario.
- U'_{2n} = Tensión en el lado de B.T. del transformador, referida al arrollamiento primario.

Por su parte, el diagrama fasorial de tensiones y corrientes, que se establece, en un transformador trabajando a plena carga es:

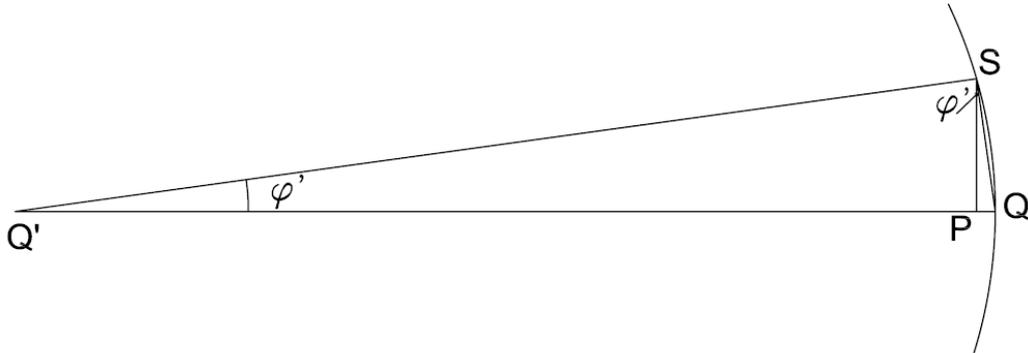


En el diagrama:

$$\varepsilon_c = MQ = \frac{U_{1n} - U'_2}{U_{1n}} \cdot 100$$

Es evidente que se cumple: $MN + NP + PQ = MQ = \varepsilon_c$

Aislado el triángulo SQQ' ,



Se verifica rápidamente:

$$\operatorname{tg}(\varphi') = \frac{SP}{PQ'} = \frac{PQ}{SP} \Rightarrow PQ = \frac{SP^2}{PQ'}$$

Si despreciamos: $PQ \Rightarrow PQ' = QQ'$

Por tanto:

$$PQ = \frac{SP^2}{QQ'} = \frac{(\varepsilon_{Xcc} \cdot \cos \varphi - \varepsilon_{Rcc} \cdot \sin \varphi)^2}{2 \cdot 100} = \frac{(\varepsilon_{Xcc} \cdot \cos \varphi - \varepsilon_{Rcc} \cdot \sin \varphi)^2}{200}$$

Sustituyendo:

$$\varepsilon_c = MQ = MN + NP + PQ = \varepsilon_{Rcc} \cdot \cos \varphi + \varepsilon_{Xcc} \cdot \sin \varphi + \frac{1^2}{200} \cdot (\varepsilon_{Xcc} \cdot \cos \varphi - \varepsilon_{Rcc} \cdot \sin \varphi)^2$$

La anterior expresión puede reescribirse en función del Índice de Carga en valor unitario, IC, como:

$$\varepsilon_c = IC \cdot \varepsilon_{Rcc} \cdot \cos \varphi + IC \cdot \varepsilon_{Xcc} \cdot \sin \varphi + \frac{IC^2}{200} \cdot (\varepsilon_{Xcc} \cdot \cos \varphi - \varepsilon_{Rcc} \cdot \sin \varphi)^2$$

donde:

- $\cos \varphi$: factor de potencia de la carga

- $\cos \varphi_{cc} = \cos \left[\tan^{-1} \left(\frac{X_{cc}}{R_{cc}} \right) \right]$
- $\varepsilon_{Rcc} [\%] = U_{cc} (\%) \cdot \cos \varphi_{cc}$
- $\varepsilon_{Xcc} [\%] = U_{cc} (\%) \cdot \sin \varphi_{cc}$

Suponiendo que los transformadores TSA-1 y TSA-2 funcionan al 75% de plena carga y que el conjunto de las cargas que se alimentan desde el nuevo CT-SAT, tiene un factor de potencia $\cos \varphi = 0,8$ ind, se tiene:

IC(p.u.)	cos φ	U _{cc} (%)	^(*) (X/R) _{cc}	cos φ _{cc}	ε _{Rcc} (%)	ε _{Xcc} (%)	ε _c (%)
0,75	0,80	6,00	10,67	0,09	0,56	5,97	3,04

(*) Valor Estimado en base a transformadores de similares características.

Luego la caída de tensión, interna, que se produce en el Transformador es aproximadamente el 3%.

Para vencer dicha caída de tensión, interna, se asignará un valor nominal de tensión en vacío en el lado de B.T., del transformador, un 3% mayor. De tal forma se asegura que el valor de tensión nominal en Barras de CBT-CT sea, muy próximo, al valor asignado de tensión nominal (400 V).

$$U_{2n} = U_{nCBT-CT} + \frac{3}{100} \cdot U_{nCBT-CT}$$

En nuestro caso:

$$U_{2n} = 400 + \frac{3}{100} \cdot 400 = 412V \cong 410V$$

Teniendo en cuenta valores normalizados, existentes en modelos comerciales, y a fin de dotar a los transformadores de cambiador de tomas en vacío, en el lado de 15kV, se propone el empleo de Transformadores con la, siguiente, relación de transformación en el caso de TSA-1 y TSA-2:

$$r_t = \frac{15 \pm 2 \cdot (2,5\%) [kV]}{410 [V]}$$

Estableciéndose las siguientes relaciones de transformación entre los devanados primario y secundario en función de la posición de la toma:

Posición Toma	U ₁ (kV)	U ₂ (V)	R _t =U ₁ /U ₂
2	15,75	410	38,41
1	15,375	410	37,5
0	15	410	36,59
-1	14,625	410	35,67
-2	14,25	410	34,76

ANEXO III: DETERMINACIÓN DE RESISTENCIA DE NEUTRO EN LOS TRANSFORMADORES TSA-1 Y TSA-2

Los Transformadores TSA-1 y TSA-2 deben poseer impedancia de neutro para limitar las faltas monofásicas que pudiesen producirse aguas abajo de dichos transformadores.

El valor de dicha impedancia, de carácter puramente resistivo, debe ser tal, que la corriente que circule por el neutro no exceda de 5 A, de acuerdo con los criterios de Endesa.

Luego:

$$I_n = \frac{U_{Fn}}{Z_n} \Rightarrow Z_n = \frac{U_{Fn}}{I_n} = \frac{410/\sqrt{3}}{5} \cong 50\Omega$$

Por su parte, la resistencia de neutro deberá ser capaz de desalojar una Potencia de 1.250 W.

Dicha Potencia, se puede determinar mediante la expresión:

$$P_R = I_n^2 \cdot Z_n = 5^2 \cdot 50 = 1.250W$$

Luego la impedancia de neutro, en los transformadores TSA-1 y TSA-2 debe tener un valor de $50 \Omega/1.250W$.

ANEXO IV: DIMENSIONAMIENTO DE LOS INTERRUPTORES DE PROTECCIÓN

A fin de completar el estudio de consumos y dimensionamiento de los transformadores que deben integrarse en el CT-SAT, se incluyen en el siguiente anexo los valores normalizados de interruptores de protección, para cada alimentación, a la que se presta servicios desde el nuevo Centro de Transformación.

Se ha realizado previamente el cálculo de los mismos teniendo en cuenta los Criterios Generales de Diseño establecidos por Endesa, a tal efecto

Para ello, el dimensionamiento de los interruptores de protección, se hará suponiendo:

- Que la tensión de servicio, existente, sea un 5% inferior a la nominal.
- Sobredimensionar un 15%, el resultado de, la intensidad resultante tras aplicar el criterio anterior.
- Seleccionar el valor normalizado, de interruptor, inmediatamente superior al valor calculado.

Recordando, que la relación (trifásica) entre las distintas magnitudes eléctricas viene determinada por la expresión:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Se recogen, en los siguientes cuadros-resumen, los valores obtenidos de dimensionamiento de los interruptores de protección:

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones de fuerza exterior, de turbinas:*

CARGA	U_n(V)	U_{min}(V) (95%U_n)	f.d.p.	S_n (kVA)	I_n(A) (100% U_n)	I_{correg.} (A) (95% U_n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
FUERZA TG5	400	380	0,75	140,01	202,09	212,73	244,64	IF5A	250
FUERZA TG6	400	380	0,75	140,01	202,09	212,73	244,64	IF6A	250
FUERZA TG7 A	400	380	0,75	82,25	118,72	124,97	143,72	IF7A	160
FUERZA TG7 B	400	380	0,75	72,64	104,85	110,37	126,92	IF7B	160
FUERZA TG8 A	400	380	0,75	82,25	118,72	124,97	143,72	IF8A	160
FUERZA TG8 B	400	380	0,75	72,64	104,85	110,37	126,92	IF8B	160
FUERZA TG9 A	400	380	0,75	77,87	112,39	118,31	136,05	IF9A	160
FUERZA TG9 B	400	380	0,75	72,64	104,85	110,37	126,92	IF9B	160
FUERZA RESERVA A	400	380	0,75	72,64	104,85	110,37	126,92	IFR1	160
FUERZA RESERVA B	400	380	0,75	72,64	104,85	110,37	126,92	IFR2	160
FUERZA INTERIOR	400	380	0,75	24,39	35,20	37,05	42,61	IFR2	160

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones de alumbrado exterior, de turbinas:*

CARGA	U_n(V)	U_{min}(V) (95%U_n)	f.d.p.	S_n (kVA)	I_n(A) (100% U_n)	I_{correg.} (A) (95% U_n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
ALUMBRADO TG5	400	380	0,75	5,75	8,30	8,74	10,05	IA5	32
ALUMBRADO TG6	400	380	0,75	6,38	9,20	9,69	11,14	IA6	32
ALUMBRADO TG7	400	380	0,75	5,75	8,30	8,74	10,05	IA7	32
ALUMBRADO TG8	400	380	0,75	5,75	8,30	8,74	10,05	IA8	32
ALUMBRADO TG9	400	380	0,75	5,75	8,30	8,74	10,05	IA9	32
RESERVA 1 ALUMBRADO	400	380	0,75	5,75	8,30	8,74	10,05	IAR1	32
RESERVA 2 ALUMBRADO	400	380	0,75	5,75	8,30	8,74	10,05	IAR2	32
ALUMBRADO CASETA	400	380	0,75	7,00	10,10	10,64	12,23	IAI	32

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones de equipos secundarios de Edificio Contra-incendios:*

CARGA	U_n(V)	U_{min}(V) (95%U_n)	f.d.p.	S_n (kVA)	In(A) (100% U_n)	I_{correg.} (A) (95% U_n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
Alumbrado CI	400	380	0,6	5,20	7,51	7,90	9,09	IAC	63
Red de Enchufes	400	380	0,8	12,48	18,01	18,95	21,80	IRE	63
Climatización	400	380	0,8	16,63	24,00	25,26	29,05	ICZ	63
Caseta Gasóleo	400	380	0,8	24,94	35,99	37,89	43,57	ICG	63
Reserva	400	380	0,6	11,63	16,79	17,68	20,33	ICR2	63
Reserva	400	380	0,6	3,73	5,39	5,67	6,52	ICR3	40

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones varias:*

CARGA	U_n(V)	U_{min}(V) (95%U_n)	f.d.p.	S_n (kVA)	In(A) (100% U_n)	I_{correg.} (A) (95% U_n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
MONTAJE	400	380	0,75	119,16	171,99	181,04	208,20	IMON	250
RESERVA BT1	400	380	0,8	89,38	129,00	135,79	156,16	IBTR1	250

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones en Barras de Subdistribución de CT-SAT:*

CARGA	U_n(V)	U_{min}(V) (95%U_n)	S_n (kVA)	I_n(A) (100% U_n)	I_{correg.} (A) (95% U_n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
FUERZA	400	380	154,70	223,29	235,04	270,29	IF's)	(*)
ALUMBRADO	400	380	47,88	69,10	72,74	83,65	ISA	160
C.INCENDIOS (3F+N)	400	380	44,76	64,61	68,01	78,21	ISC1	160
MONTAJE	400	380	71,50	103,20	108,63	124,92	IMON	250(*)
RESERVA BT1	400	380	26,81	38,70	40,74	46,85	IBTR1(*)	250(*)

(*) Justificados en cálculos anteriores.

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones de SS.AA. , propios, de turbinas:*

CARGA	U_n(V)	U_{min}(V) (95%U_n)	f.d.p.	S_n(kVA) (*)	I_n(A) (100% U_n)	I_{correg.} (A) (95% U_n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
TG5	400	380	0,8	246,10	355,21	373,91	430,00	IS5	800
TG6	400	380	0,8	315	454,66	478,59	550,38	IS6	800
TG7	400	380	0,8	315	454,66	478,59	550,38	IS7	800
TG8	400	380	0,8	315	454,66	478,59	550,38	IS8	800
TG9	400	380	0,8	315	454,66	478,59	550,38	IS9	800
RSV 1	400	380	0,8	315	454,66	478,59	550,38	ISRV1	800
RSV2	400	380	0,8	315	454,66	478,59	550,38	ISRV2	800

(*) El consumo de SS.AA. se ha supuesto que la turbina opera en modo de arranque, caso más desfavorable.

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones de equipos principales de Edificio Contra-incendios:*

CARGA	U _n (V)	U _{min} (V) (95%U _n)	f.d.p.	S _n (kVA)	In(A) (100% U _n)	Icorreg. (A) (95% U _n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
Contraincendios	400	380	0,8	137,50	198,46	208,91	240,25	IBC	250
Puente Grúa	400	380	0,8	18,75	27,06	28,49	32,76	IPG	40
Rectificador Baterías	400	380	0,6	13,33	19,25	20,26	23,30	IRBC	63
Reserva	400	380	0,6	5,00	7,22	7,60	8,74	ICR1	63
TOTAL	400	380	N/A	174,58	251,99	265,25	305,04	SCI	320

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones de CCM's:*

CARGA	U _n (V)	U _{min} (V) (95%U _n)	f.d.p.	S _n (kVA)	In(A) (100% U _n)	Icorreg. (A) (95% U _n)	I(A) (+15%)	ID. Interruptor.	Calibre (A)
FEEDER 1(*)	400	380	0,80	155,89	225,00	236,85	272,37	ICI1	400
FEEDER 2	400	380	0,80	69,29	100,01	105,27	121,06	ICF2	250
FEEDER 3	400	380	0,60	66,52	96,01	101,06	116,22	ICF3	160
FEEDER 4	400	380	0,80	48,78	70,40	74,11	85,22	ICF4	160
FEEDER 5	400	380	0,80	26,19	37,80	39,79	45,76	ICF5	160
FEEDER 6	400	380	0,60	13,10	18,91	19,90	22,89	ICF6	160
FEEDER 7	400	380	0,60	13,10	18,91	19,90	22,89	ICF7	160
FEEDER 8	400	380	0,80	13,10	18,91	19,90	22,89	ICI1	400

(*) La alimentación 1, de la columna de CCM's, corresponde a la alimentación desde la que se deben alimentar las Barras Principales de Edificio Contra-Incendios.

➤ *Interruptores asociados a alimentaciones en Barras Principales de CT-SAT:*

CARGA	$U_n(V)$	$U_{min}(V)$ (95% U_n)	S_n (kVA)	$I_n(A)$ (100% U_n)	$I_{correg.}$ (A) (95% U_n)	$I(A)$ (+15%)	ID.(*) Interruptor.	Calibre (A) (*)
SUBDIST. B.T.	400	380	276,51	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CCM'S	400	380	154,26	222,66	234,38	269,53	N/A	N/A
TG'S	400	380	1119,10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(*) Determinados en cálculos anteriores.

➤ *Interruptores asociados a protección de transformadores:*

TRANSFORMADOR TCA								
Pot. Aparente Trafo (KVA)	DEVANADO	$U_n(v)$	$U_{min}(V)$ (95% U_n)	$I_n(A)$	$I_{correg.}(A)$ (95% U_n)	Mayoración del 15%	ID Interruptor.	CALIBRE
400	A.T.	400	380	577,35	607,74	698,90	ICA1	800
	B.T.	400	380	577,35	607,74	698,90	ICA2	800

TRANSFORMADORES TSA-1 Y TSA-2								
Pot. Aparente Trafo (KVA)	DEVANADO	$U_n(v)$	$U_{min}(V)$ (95% U_n)	$I_n(A)$	$I_{correg.}(A)$ (95% U_n)	Mayoración del 15%	ID. Interruptor	CALIBRE
2240	A.T.	15000	14250	86,22	90,76	104,37	IMT's	630
	B.T.	400	380	3233,16	3403,33	3913,83	IBT'S(*)	4000

(*) Incluye los 3 interruptores de la topología "2 de 3".

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica

ANEXO A LA MEMORIA
ESTUDIO DE SERVICIOS DE CORRIENTE CONTINUA

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2.009

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	4
3. CARGAS DE CORRIENTE CONTINUA.....	4
3.1. MOTORES DE INTERRUPTORES DE BASTIDOR ABIERTO.....	4
3.2. EQUIPOS DE CONTROL	6
4. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO REQUERIDO DE CORRIENTE CONTINUA EN EL CT-SAT	7
4.1. ESTUDIO DE CONSUMOS DE LOS MOTORES DE INTERRUPTORES DE BASTIDOR ABIERTO	7
4.2. ESTUDIO DE CONSUMOS DE LOS EQUIPOS DE CONTROL.....	12
4.3. CONSUMO, TOTAL, DE CORRIENTE CONTINUA REQUERIDO EN EL CT-SAT.	14
5. CONCLUSIONES	16
ANEXO: DETERMINACIÓN DEL PICO MÁXIMO DE CORRIENTE CONTINUA.	17

1. OBJETO

La implantación en la Central Térmica de Ibiza de un centro de Transformación de servicios auxiliares (SS.AA)., CT-SAT, para dar servicio a distintas alimentaciones de BT, para turbinas, requiere del estudio y cálculo inicial, no sólo de la potencia eléctrica a satisfacer desde dicho CT-SAT a los diferentes servicios que se alimenten desde dicho Centro de Transformación, sino además de un estudio y cálculo justificativo de la demanda de corriente continua que demandarán, para su correcto funcionamiento, los diversos equipos y componentes que se integrarán en el nuevo CT-SAT. En especial los componentes de los interruptores de bastidor abierto que permiten su ejecución y por los distintos Equipos de Control.

Será objeto de este documento, por tanto, determinar la demanda total de corriente continua de los diferentes equipos y componentes que se integrarán en el CT-SAT, y poder determinar, por tanto, la característica de descarga transitoria que debe poseer la batería o el Sistema que va a aportar dicha energía, desde el Cuadro de Central, que corresponda, al nuevo Cuadro de distribución de CC del Centro de Transformación.

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- Esquema unifilar de protección y medida Cabinas BT..
- Esquema unifilar simplificado de 125 Vcc..

3. CARGAS DE CORRIENTE CONTINUA

Se detallarán a continuación, agrupados mediante diferentes familias, el consumo de los diversos equipos y/o componentes que requieren corriente continua para su funcionamiento.

En concreto, se establecerán las siguientes familias de Equipos que demandarán corriente continua para su correcto funcionamiento:

- *Motores de Interruptores de bastidor abierto, de Cabinas de BT.*
- *Equipos y Componentes de Control*

No se considerarán consumos ligados al sistema de detección de incendios, puesto que dicho Sistema será externo al CT-SAT.

Por lo demás, no existen auxiliares de potencia electromecánicos y que por su especial importancia dispongan de accionamientos eléctricos en continua.

3.1. MOTORES DE INTERRUPTORES DE BASTIDOR ABIERTO

Para una correcta ejecución de maniobras de los interruptores de bastidor abierto que se integrarán en el nuevo Centro de Transformación, será necesario dotar a los motores de dichos interruptores de una alimentación continua y segura que permita la apertura o cierre de los interruptores bajo cualquier circunstancia de explotación del CT-SAT.

Cada motor de interruptor, de bastidor abierto, estará constituido por los siguientes componentes:

- Un (1) relé de apertura/cierre (Consumo pulsante).
- Un (1) Motor-Reductor para la carga automática de los resortes de cierre (Consumo puntual).

Se obviará el relé de vigilancia de mínima tensión, consumo en permanencia, al estar sustentado el mando y control en corriente continua.

En total existen once (11) interruptores de bastidor abierto, todos ellos en las Cabinas de BT, y las características de sus motores serán similares en todos ellos. Por tanto, el consumo de CC demandado por cada motor será el mismo.

La demanda de CC de cada motor vendrá determinada, por tanto, por el consumo que requieran dichos componentes en función de su modo de operación.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta, que el consumo de CC de los motores de los interruptores será un consumo puntual y por tanto la demanda de continua, será función del tiempo de actuación de cada componente.

En la siguiente tabla se muestran los consumos de los componentes de cada motor en función de su modo de operación, así como la duración de los mismos:

COMPONENTE	Modo Operación	NIVEL DE TENSIÓN	DURACIÓN (s)	CONSUMO (W)
Motor-Reductor	Arranque	125 Vcc	0,2	800
	Carga	125 Vcc	5	250
Relé Apertura\Cierre	Arranque	125 Vcc	0,1	200
	Mantenimiento	125 Vcc	0,1	5

Dichos valores han sido estimados, a modo de referencia, mediante el catálogo ABB de componentes y accesorios de interruptores de bastidor abierto.

Los valores han sido mayorados en previsión de equipamiento de otros fabricantes, respecto a los que haya diferencia.

3.2. EQUIPOS DE CONTROL

Los Equipos de Control que se implantarán en el nuevo Centro de Transformación requerirán, de alimentación de corriente continua como fuente de tensión segura y permanente.

En concreto, se clasificarán los Equipos de Control en los siguientes tipos, los cuales se destinarán a su labor homónima:

- Equipos de medidas y convertidores asociados. (Incluidos Analizadores de redes).
- Equipos y Componentes de señalización.
- Relés de vigilancia y automatismos varios.
- Relés auxiliares de instrumentación.
- Protecciones.
- Pantallas de Visualización.
- PLC's

La estimación del consumo requerido por parte de dichos equipos se muestra a continuación:

EQUIPO	TENSIÓN	CONSUMO (W) ⁽¹⁾
Eq. de Medidas y convertidores asociados.	125 V _{cc}	25
Eq. de Señalización	125 V _{cc}	3
Relés de vigilancia.	125 V _{cc}	3
Relés Auxiliares.	125 V _{cc}	3
Protecciones.	125 V _{cc}	20
Pantallas de Visualización	125 V _{cc}	20
PLC's	125 V _{cc}	200

(1)Estos consumos tienen una característica temporal permanente de servicio continuo. En las previsiones realizadas se ha incluido una mayoración de seguridad.

4. DETERMINACIÓN DEL CONSUMO REQUERIDO DE CORRIENTE CONTINUA EN EL CT-SAT

Para determinar el consumo, de corriente continua, requerido por los diferentes equipos y/o componentes que se implantarán en el nuevo CT-SAT, y teniendo en cuenta el Esquema Unifilar Simplificado, de 125 Vcc, de la Instalación, se seguirá el siguiente procedimiento:

1. Determinar el Consumo de corriente continua que demandarán los motores de Interruptores de bastidor abierto:
 - a) Se realizará un estudio individual de los consumos demandados por cada uno de los interruptores de bastidor abierto del Centro de Transformación.
 - b) Determinados dicho consumo individual, se realizará un estudio conjunto del consumo que demandarán los Interruptores de bastidor abierto, considerando la simultaneidad que pueda establecerse entre todos ellos. En condiciones de puesta en servicio, como condición más desfavorable.
2. Determinar el consumo de corriente continua que demandarán los diversos equipos de Control del CT-SAT:
 - a) Se realizará un estudio, conjunto, del consumo demandado por los equipos de Control del CT-SAT considerando la simultaneidad que pueda existir entre dichos componentes.
En este caso, no será necesario realizar estudios en condiciones de funcionamiento de arranque o transitorios distintos de las condiciones nominales. Pues en el caso concreto de los Equipos de Control su funcionamiento será constante y el consumo requerido para su arranque será el mismo que el requerido para su funcionamiento nominal.
3. Determinados los consumos demandados tanto por los motores de los Interruptores de bastidor abierto como por parte de los Equipos de Control, se determinará la demanda total de corriente continua en el CT-SAT.

4.1. ESTUDIO DE CONSUMOS DE LOS MOTORES DE INTERRUPTORES DE BASTIDOR ABIERTO

A partir de los consumos asignados a los diversos componentes de motores de interruptores, mostrados en el Epígrafe 3.1, se comenzará a realizar un estudio de solicitudes de corriente continua por cada interruptor del Centro de Transformación.

Para realizar dicho estudio se considerará la maniobra de interruptor, apertura o cierre, que requiera mayor consumo de corriente continua.

Teniendo en cuenta las características de los interruptores, las cuales hacen posible la apertura del interruptor cuando este se encuentra cerrado, pero sea necesario que los resortes se encuentren cargados para efectuar su cierre, requerirá mayor consumo la maniobra de cierre del interruptor.

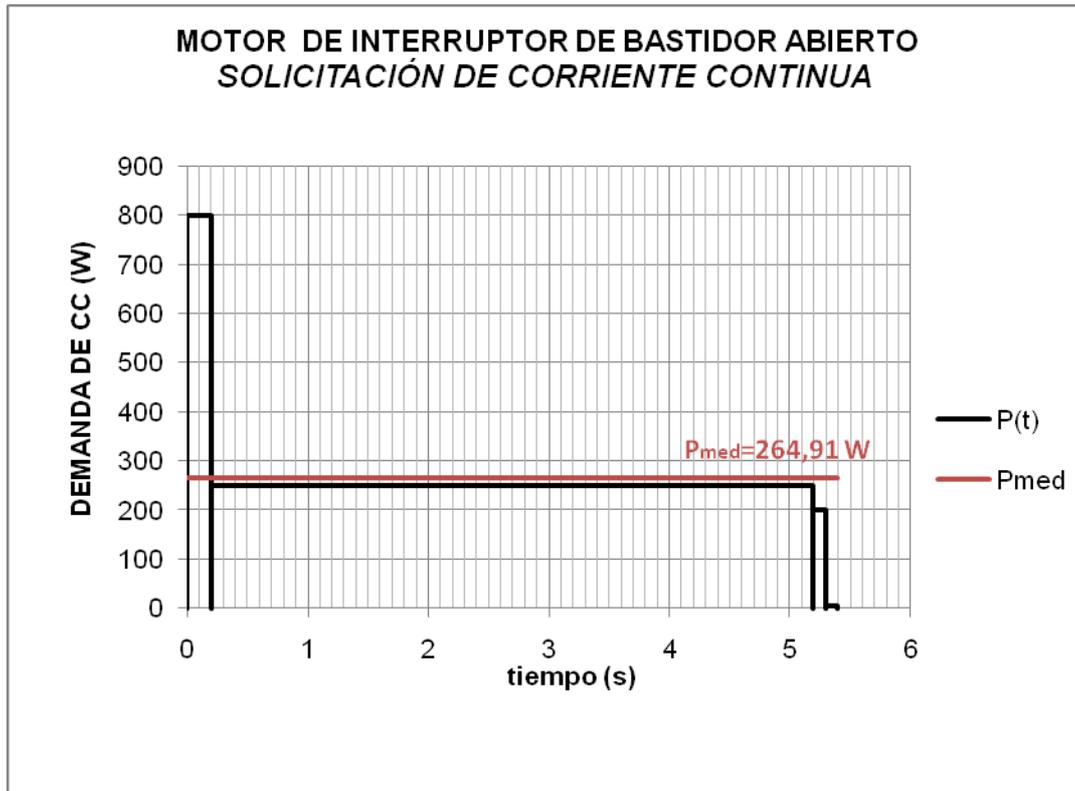
Considerando la maniobra de cierre, como la más desfavorable, y suponiendo que el interruptor se encuentra inicialmente abierto, los componentes del motor, de dicho interruptor, seguirán la siguiente secuencia de operaciones para ejecutar la maniobra del cierre del interruptor:

ACCIÓN	COMPONENTE	Modo de Operación	DURACIÓN (s)	CONSUMO (W)	t _{Acumulado} (s)
Carga de Resortes	Motor-Reductor	Arranque	0,2	800	0,2
		Carga	5	250	5,2
Cierre de Contactos	Relé de Cierre	Arranque	0,1	200	5,3
		Mantenimiento	0,1	5	5,4

Teniendo en cuenta la secuencia de operaciones, citada anteriormente, se puede determinar la sollicitación de corriente continua, unitaria, que demandará cada interruptor.

Dicha sollicitación vendrá determinada según la expresión que se muestra a continuación, en la que el tiempo irá expresado en segundos:

$$P_u(t) = \begin{cases} 800 \text{ W} & t \leq 0,2 \\ 250 \text{ W} & 0,2 < t \leq 5,2 \\ 200 \text{ W} & 5,2 < t \leq 5,3 \\ 5 \text{ W} & 5,3 < t \leq 5,4 \end{cases}$$



Para determinar, la demanda de corriente continua que absorberá cada motor, en régimen permanente, bastará con calcular el valor medio de la anterior expresión, luego:

$$P_U = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) \cdot dt = \frac{1}{5,4} [800 \cdot 0,2 + 250 \cdot (5,2 - 0,2) + 200 \cdot (5,3 - 5,2) + 5 \cdot (5,4 - 5,3)] \cong 265W$$

Una vez estimado el consumo individual, de cada interruptor, se realizará un nuevo estudio, esta vez para determinar la demanda conjunta del consumo de corriente continua demandado por la totalidad de interruptores de bastidor abierto, tras la correspondiente simultaneidad y secuenciación de arranques, hasta finalizar el cierre de todos ellos (11 en el caso, concreto).

La condición más desfavorable, de secuenciación, es cuando estando las Cabinas de BT descargadas se comienzan a conectar interruptores, hasta la puesta en tensión de barras y de todas y cada una de las alimentaciones.

Todo ello y dado que no hay servicio o utilidad de proceso que sea crítica, se podrá establecer una secuenciación sin prácticamente solapes de interruptores en cierre. El disparo conjunto, por causa general, sólo implica excitación instantánea de solenoides. Debe considerarse que esto será atípico, y que en explotación habrá selectividad, por lo que se podría establecer un intervalo de tiempo, superior al ciclo de cierre de cada interruptor, entre el cierre de uno y otro y obviar solapes.

No obstante, y a fin de mayorar el cálculo por criterios de seguridad, se supondrá la hipótesis del cierre simultáneo de dos (2) interruptores.

Por tanto la demanda de corriente continua, conjunta, por parte de los motores de los dos interruptores, será:

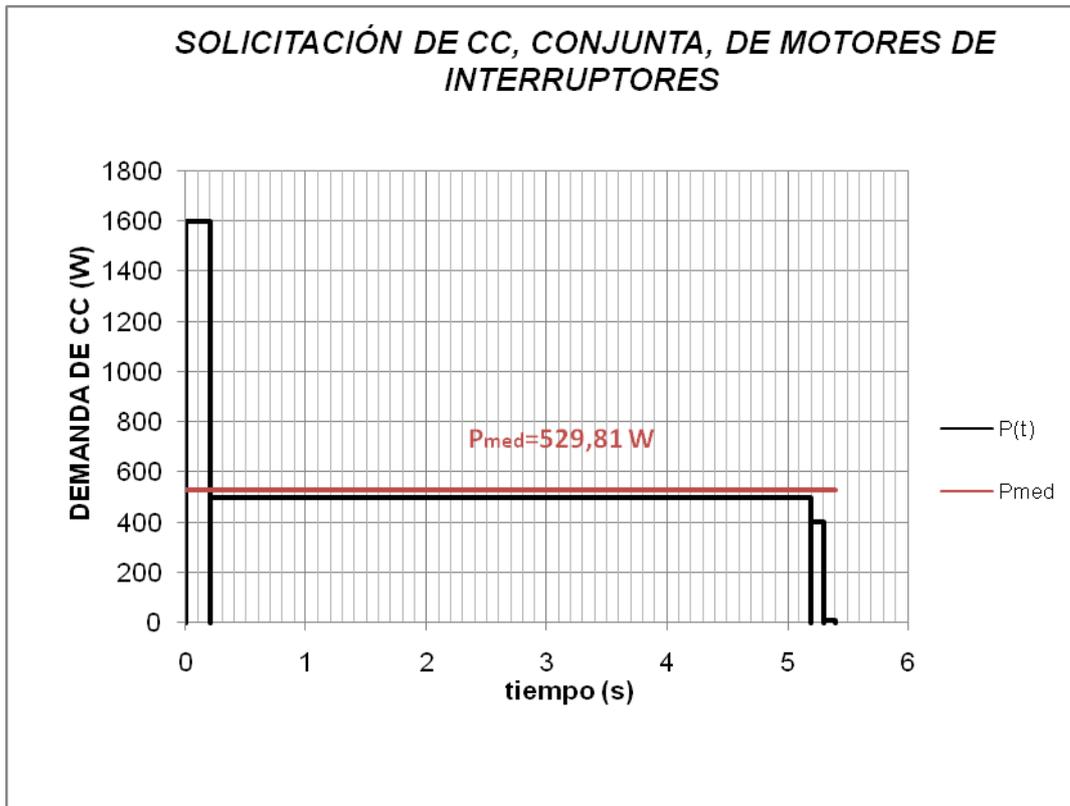
$$P_{MOT}(t) = 2 \cdot P_U(t)$$

donde

- $P_{MOT}(t)$: Consumo, conjunto, de corriente continua por parte de los motores de interruptores de bastidor abierto.
- $P_U(t)$: Consumo, unitario, de corriente continua en motores de interruptores de bastidor abierto.

Sustituyendo, los valores correspondientes, se obtiene:

$$P_{MOT}(t) = \begin{cases} 1.600 \text{ W} & t \leq 0,2 \\ 500 \text{ W} & 0,2 < t \leq 5,2 \\ 400 \text{ W} & 5,2 < t \leq 5,3 \\ 10 \text{ W} & 5,3 < t \leq 5,4 \end{cases}$$



La demanda conjunta de CC, en régimen permanente, se puede obtener aplicando la fórmula del valor medio:

$$P_{MOT} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) \cdot dt = \frac{1}{5,4} [1.600 \cdot 0,2 + 500 \cdot (5,2 - 0,2) + 400 \cdot (5,3 - 5,2) + 10 \cdot (5,4 - 5,3)] \cong 530W$$

O bien, como:

$$P_{MOT} = 2 \cdot P_U$$

INTERRUPTORES CERRANDO EN SIMULTANEIDAD	CONSUMO UNITARIO (W)	TOTAL DEMANDA MOTORES DE INTERRUPTORES (W)
2	265	530

4.2. ESTUDIO DE CONSUMOS DE LOS EQUIPOS DE CONTROL

Para determinar el consumo de corriente continua requerido por los distintos equipos de Control que existen en el CT-SAT, basta con realizar un estudio conjunto del consumo demandado por todos los equipos de Control. Los consumos unitarios de dichos equipos fueron mostrados en el Epígrafe 3.2 de este documento.

Los diversos Equipos de Control que se integrarán en el CT-SAT y demandarán corriente continua fueron expuestos junto con su consumo unitario en el en el Epígrafe 3.2 de este documento.

Para determinar la demanda de corriente continua asociada a los Equipos de Control se empleará la siguiente expresión:

$$P_{Control} = \sum_i N_i \cdot P_i$$

donde,

- $P_{Control}$: Consumo de corriente continua requerido en el CT-SAT para funcionamiento de Equipos de Control
- P_i : Consumo, unitario, de corriente continua del Equipo de Control “i”
- N_i : Número de unidades del equipo de Control “i”.

Sustituyendo en la anterior expresión los datos correspondientes para la Instalación, se obtienen los siguientes resultados:

EQUIPO	TENSIÓN	UNIDADES	CONSUMO UNITARIO (W)	TOTAL (W)
Eq. de Medidas y convertidores asociados.	125 V _{cc}	10	25	250
Eq. de Señalización	125 V _{cc}	5	3	15
Relés de vigilancia.	125 V _{cc}	6	3	18
Relés Auxiliares.	125 V _{cc}	20	3	60
Protecciones.	125 V _{cc}	11	20	220
Pantallas de Visualización	125 V _{cc}	3	20	60
PLC's	125 V _{cc}	2	200	400
TOTAL DEMANDA EQUIPOS DE CONTROL				1.023 W

4.3. CONSUMO, TOTAL, DE CORRIENTE CONTINUA REQUERIDO EN EL CT-SAT.

Determinados los consumos requeridos para dar servicio tanto a los motores de Interruptores de bastidor abierto como para alimentar a los diversos Equipos de Control, se podrá determinar la demanda total de CC en el Centro de Transformación.

Dicha demanda, será determinada, teniendo en cuenta tanto el consumo requerido por los Equipos de Control como el consumo que absorberán los motores de los dos (2) interruptores que pueden cerrarse simultáneamente.

La sollicitación de CC en el CT-SAT puede determinarse, por tanto, mediante la siguiente expresión:

$$P(t) = CS \cdot (P_{MOT}(t) + P_{CON})$$

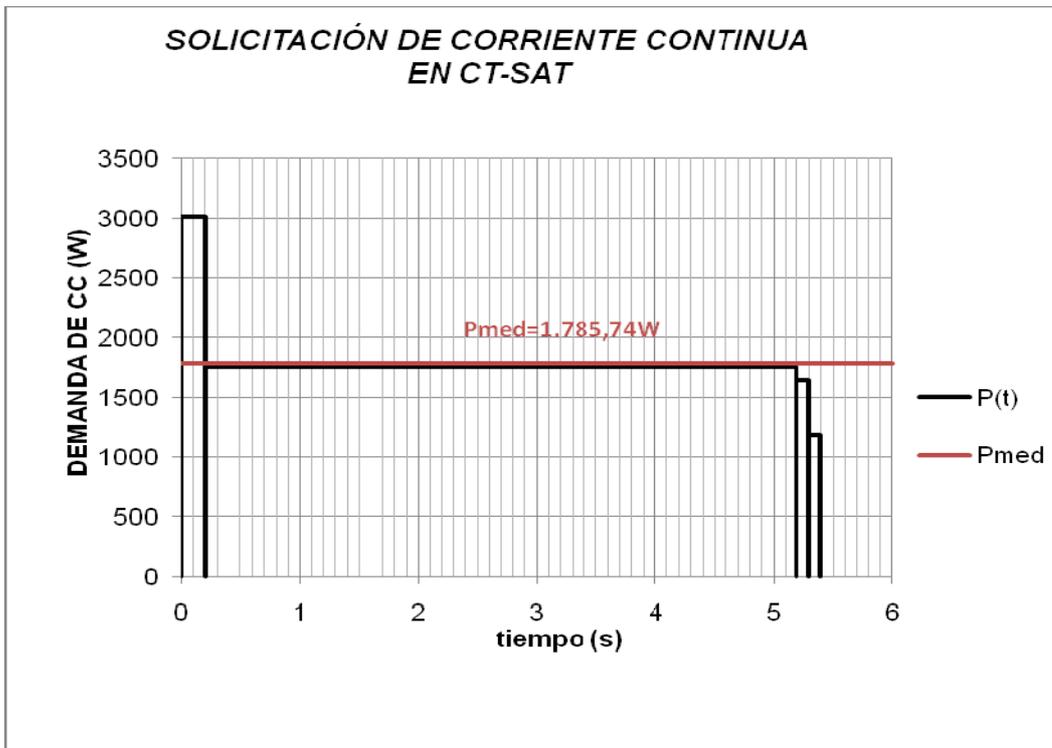
donde,

- P(t): Consumo, total, de corriente continua requerido en el CT-SAT
- P_{MOT}(t): Demanda, conjunta, de corriente continua demandado por los motores de interruptores de bastidor abierto.
- P_{CON}: Consumo de corriente continua demandado por los Equipos de Control.
- CS: Coeficiente de Seguridad.

Teniendo en cuenta que el consumo de los Equipos de Control es constante, y con los datos obtenidos anteriormente, se tiene:

P _{MOT} (W)	P _{CONTROL} (W)	P _{TOTAL} (W)	CS	CONSUMO CORREGIDO (W)	t _{Acumulado} (s)
1.600	1.023	2.623	1,15	3.016,45	0,2
500	1.023	1.523	1,15	1.751,45	5,2
400	1.023	1.423	1,15	1.636,45	5,3
10	1.023	1.033	1,15	1.187,95	5,4

$$P(t) = \begin{cases} 3.016 \text{ W} & t \leq 0,2 \\ 1.751,6 \text{ W} & 0,2 < t \leq 5,2 \\ 1.636,45 \text{ W} & 5,2 < t \leq 5,3 \\ 1.187 \text{ W} & 5,3 < t \leq 5,4 \end{cases}$$



Finalmente, se determina el valor del consumo de CC demandado en el CT-SAT, aplicando la expresión del valor medio:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) \cdot dt = \frac{1}{5,4} [3.016 \cdot 0,2 + 1.751,6 \cdot (5,2 - 0,2) + 1.636,45 \cdot (5,3 - 5,2) + 1.187 \cdot (5,4 - 5,3)] \cong 1.790W$$

Teniendo en cuenta, la relación que se establece entre el consumo (Potencia) y la tensión de operación de los diversos equipos se puede determinar, finalmente, la corriente continua demandada desde el CT-SAT.

Para ello, basta con aplicar, la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{U}$$

Resultando:

TENSIÓN DE SERVICIO	CONSUMO NOMINAL (W)	INTENSIDAD NOMINAL (A)
125 Vcc	1.790	14,32

5. CONCLUSIONES

La estimación de la demanda, de corriente continua, que exigirán diversos equipos y componentes del CT-SAT, se ha realizado mayorando, tanto los consumos unitarios de cada Equipo y/o componente como la demanda final.

Dicha demanda será referencia de capacidad, mínima, que será requerida a la batería o al Sistema que vayan a aportar dicha energía, de corriente continua, desde el Cuadro de Central que corresponda al nuevo Cuadro de distribución de CC del Centro de Transformación.

Puesto que la demanda, calculada, de corriente continua que absorberán los distintos componentes y/o equipos que se integrarán en el CT-SAT es de 14,32 A, se recomienda que el Sistema de Corriente Continua que aporte dicha energía tenga una capacidad, al menos, de 20 A, siempre que opere dicho Sistema a una tensión de servicio de 125 Vcc.

De tal forma, se asegurará el correcto funcionamiento de los equipos de CC del CT-SAT, en cualquier régimen de explotación del mismo, y además se preverá de dotación suficiente, en concepto de reserva.

A modo de recapitulación, se recogerán en la siguiente tabla, las características que debe poseer el Cuadro de CC de Central desde el que se aporte la energía de corriente continua demandada desde el Centro de Transformación:

DEMANDA DE CC DEL CT-SAT			CUADRO CC DE CENTRAL		
Tensión de Servicio	Potencia	Intensidad	Tensión de Servicio	Toma Intensidad	Factor de Carga
125 Vcc	1.790 W	14,32 A	125 Vcc	20 A	71,6 % ⁽¹⁾
125 Vcc	1.023 W	8 A	125 Vcc	20 A	40 % ⁽²⁾

(1). Condición de Control más arranque del Sistema.

(2). Condición de Consumo de Control, constante y permanente.

ANEXO: DETERMINACIÓN DEL PICO MÁXIMO DE CORRIENTE CONTINUA.

Determinado el consumo de CC que se demandará desde el CT-SAT al Cuadro de CC, de Central, desde el que se aportará dicha energía, es conveniente calcular el pico máximo de Intensidad que se espera.

Dicho valor máximo, ocurrirá en el momento del arranque de los motores de los interruptores, y será referencia para la determinación de la caída de tensión, en condiciones de arranque, que se producirá en el cable o cables que transporten la CC desde un Cuadro a otro.

Puesto que el pico de consumo, $\max \{P(t)\}$, es aproximadamente 3.000 W, el valor máximo de Intensidad, será:

$$I_{\max} = \frac{\max(P(t))}{U} \cong \frac{3.000}{125} = 24 A$$

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica
ANEXO A LA MEMORIA
ESTUDIO DE CORTOCIRCUITO

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2.009

ÍNDICE

1. OBJETO.....	3
2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	4
3. DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA... 4	
3.1. Subestación de 15 kV de Ibiza II.....	4
3.2. Transformadores principales del CTSAT TSA-1 y TSA-2.....	4
3.3. Transformador de alumbrado del CT-SAT TCA	5
3.4. Cables	5
3.5. Consumos del Centro de Transformación de SS.AA. de turbinas.	8
4. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO..... 8	
4.1. Cortocircuito trifásico máximo en Cabinas de BT del CT-SAT	9
4.2. Cortocircuito trifásico máximo en Centro de Fuerza y Alumbrado:.....	9
4.3. Cortocircuito trifásico mínimo en Cabinas de BT del CT-SAT	10
4.4. Cortocircuito trifásico mínimo en el Centro de Fuerza y Alumbrado del CT-SAT	10
5. RESUMEN DE RESULTADOS	11
ANEXO I: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÁXIMO EN CABINAS DE BT DEL CT-SAT	12
ANEXO II: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÁXIMO EN CENTRO DE FUERZA Y ALUMBRADO	17
ANEXO III: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÍNIMO EN CABINAS DE BT	20
ANEXO IV: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÍNIMO EN CENTRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT	24

1. OBJETO

El objeto del presente documento es determinar los niveles de cortocircuito, máximos y mínimos, que existirán en barras del nuevo centro de transformación de servicios auxiliares SS.AA. de turbinas que va a ser integrado en la Central Térmica de Ibiza.

El estudio de cortocircuito es de carácter primordial, para determinar los requisitos de equipos, componentes y aparellaje de cualquier Sistema Eléctrico, independientemente del tamaño del mismo.

Este documento servirá de base para el posterior dimensionamiento del aparalleje de la Instalación: cables, interruptores, etc, es por ello que se determinará en primer lugar el máximo valor de cortocircuito en las distintas Barras de la Instalación considerando las condiciones más desfavorables posibles, a favor de un dimensionamiento seguro de la Instalación. Por ello, sólo se considerarán los cables de MT (CMT-1 y CMT-2) puesto que en su dimensionamiento se tomó como máximo valor de cortocircuito el existente en Barras MT de 15 kV de la Subestación de Central, Ibiza II, pues en el origen del cable el cortocircuito es máximo. Los cables de BT se considerarán, por el contrario, de impedancia nula, de tal forma que el nivel de cortocircuito en los embarrados del nuevo Centro de Transformación será máximo.

Una vez determinado el máximo valor de cortocircuito en los distintos embarrados del Centro de Transformación, se determinarán los distintos Cables de BT de la Instalación, considerando que la máxima corriente de cortocircuito que puede ocurrir en el cable, corresponderá al nivel de cortocircuito máximo en el embarrado desde el que se conecta. El dimensionamiento de los cables de BT, se puede consultar en el documento: "Cálculo de los Cables de BT".

Determinados los Cables de BT, se considerará la impedancia real de los mismos para poder determinar el mínimo valor de cortocircuito existente en los embarrados del Centro de Transformación, puesto conocer el mínimo valor de cortocircuito resulta fundamental para el posterior estudio de ajuste y coordinación de protecciones.

Los cálculos de determinación de cortocircuito se realizarán siguiendo las recomendaciones reflejadas en la normativa IEC 60909, a través de la herramienta informática ETAP 5.0.3; por lo que al final de este documento se anexarán los informes de resultados que proporciona dicha herramienta informática.

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

Para la elaboración de los cálculos que figuran en éste documento se han empleado los siguientes documentos:

- Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- Esquema unifilar simplificado de la Instalación.
- Estudio de consumos y dimensionamiento de transformadores.
- Cálculo de Cables de MT.
- Cálculo de Cables de BT.

3. DATOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA

3.1. Subestación de 15 kV de Ibiza II

- Tensión Nominal:	15 kV
- Intensidad de cortocircuito máxima:	13 kA
- Intensidad de cortocircuito mínimo:	2,8 kA
- Relación X/R	5,5

3.2. Transformadores principales del CTSAT TSA-1 y TSA-2

Los datos que se presentan a continuación de los transformadores TSA-1 y TSA-2 provienen del dimensionamiento de los mismos realizado en el documento “Estudio de consumos y dimensionamiento de transformadores”

	TSA-1,2
- Potencia Nominal	1.600/2.240 kVA (ANAN/ANAF)
- Relación de transformación NOMINAL:::	15 /0,41 Kv
-Escalones de regulación en primario:	±2,5 %; ±5%
- Grupo de conexión:	Dyn11
- Tensión de cortocircuito (en toma central) (*):	6,25 %

(*) En el cálculo de cortocircuito se tendrá en cuenta, además, una tolerancia en la tensión de cortocircuito de un 10% para cubrir posibles desviaciones de la misma respecto a la especificada.

3.3. Transformador de alumbrado del CT-SAT TCA

Al igual que antes los datos que se presentan a continuación del transformador TCA provienen del dimensionamiento realizado en el documento “Estudio de consumos y dimensionamiento de transformadores”

De ésta forma las principales características de los transformadores necesarias para el cálculo de cortocircuito son las siguientes:

	TCA
- Potencia Nominal	400 kVA (ANAN)
- Relación de transformación:	400/400 V
- Grupo de conexión:	Dyn11
- Tensión de cortocircuito:	4 %

3.4. Cables

➤ Cables de MT

La acometida al Centro de Transformación, se realiza mediante dos circuitos redundantes por medio de Cables de 15 kV procedentes desde Barras MT de 15 kV de la Subestación de Central de Ibiza II. El dimensionamiento de dichos cables puede consultarse en el documento de cálculo correspondiente.

En este apartado, sólo se resumen las características fundamentales para el estudio de cortocircuito de dichos cables:

	CMT-CT-1,2
- Composición:	3x70 mm ² Cu
- Tensión nominal:	12/20 kV
- Resistencia unitaria del cable:	0.345 Ω/Km
- Reactancia unitaria del cable:	0.106 Ω/Km
- Número de conductores/fase:	1
- Longitud estimada:	285 m

➤ *Cables de BT*

Los cables de BT presente en la Instalación, y cuyo dimensionamiento puede consultarse en el documento de Cálculo de Cables de BT, son:

S-TG5: Cable de alimentación al CCM de SS.AA. de la turbina TG5 desde las Cabinas de BT CT-SAT.

S-TG6 Cable de alimentación al CCM de SS.AA. de la turbina TG6 desde las Cabinas de BT del CT-SAT.

F-TG5: Cable de alimentación al Cuadro de distribución de Fuerza, en exterior, de la turbina TG5 desde el Centro de Fuerza y Alumbrado del Centro de Transformación. CM de SS.AA. de la turbina TG6 desde las Cabinas de BT del CT-SAT.

F-TG6: Cable de alimentación al Cuadro de distribución de Fuerza, en exterior, de la turbina TG6 desde el Centro de Fuerza y Alumbrado del Centro de Transformación. CM de SS.AA. de la turbina TG6 desde las Cabinas de BT del CT-SAT.

A-TG5: Cable de alimentación al Cuadro de distribución de alumbrado, en exterior, de la turbina TG5 desde el Centro de Fuerza y Alumbrado del Centro de Transformación. CM de SS.AA. de la turbina TG6 desde las Cabinas de BT del CT-SAT.

A-TG6: Cable de alimentación al Cuadro de distribución de alumbrado, en exterior, de la turbina TG6 desde el Centro de Fuerza y Alumbrado del Centro de Transformación. CM de SS.AA. de la turbina TG6 desde las Cabinas de BT del CT-SAT.

EP-CI: Cable de alimentación al CCM de equipos principales de contra-incendios desde las Cabinas de BT del CT-SAT.

ES-CI: Cable de alimentación al Cuadro de Equipos secundarios de contra-incendios desde el Centro de Fuerza y Alumbrado del Centro de Transformación.

AT-TCA: Cable de alimentación al transformador TCA desde las Cabinas de BT.

BT-TCA: Cable de alimentación al Centro de Fuerza y Alumbrado desde el Transformador TCA.

Las características fundamentales de dichos cables, para el estudio de cortocircuito, se muestran a continuación, pero sólo se considerarán para el estudio del cortocircuito mínimo del Centro de Transformación. En el estudio de cortocircuito máximo, se considerará que la impedancia de dichos cables es nula.

	S-TG5	S-TG6	F-TG5	F-TG6
- Composición (Cu):	1x300mm ²	1x300mm ²	3,5x95mm ²	3,5x95mm ²
- Tensión nominal:	0,6/1 kV	0,6/1 kV	0,6/1 kV	0,6/1 kV
- Resistencia (unitaria de cable)(*):	0,0742 Ω/Km	0,0742 Ω/Km	0,1819 Ω/Km	0,1819 Ω/Km
- Reactancia (unitaria de cable)(*):	0,0906 Ω/Km	0,0906 Ω/Km	0,0769 Ω/Km	0,0769 Ω/Km
- N° de conductores por fase:	2	2	2	1
- Longitud estimada (tendido):	195 m	55 m	175 m	40 m

	A-TG5	A-TG6	EP-CI	ES-CI
- Composición (Cu):	3,5x70mm ²	3,5x70mm ²	1x400mm ²	3,5x95mm ²
- Tensión nominal:	0,6/1 kV	0,6/1 kV	0,6/1 kV	0,6/1 kV
- Resistencia (unitaria de cable)(*):	0,3107 Ω/Km	0,3107 Ω/Km	0,0567 Ω/Km	0,1819 Ω/Km
- Reactancia (unitaria de cable)(*):	0,0792 Ω/Km	0,0792 Ω/Km	0,0899 Ω/Km	0,0769 Ω/Km
- N° de conductores por fase:	1	1	1	1
- Longitud estimada (tendido):	175 m	40 m	155 m	155 m

	AT-TCA	BT-TCA
- Composición (Cu):	1x300mm ²	3,5x95mm ²
- Tensión nominal:	0,6/1 kV	0,6/1 kV
- Resistencia (unitaria de cable)(*):	0,0742 Ω/Km	0,1819 Ω/Km
- Reactancia (unitaria de cable)(*):	0,0906 Ω/Km	0,0769 Ω/Km
- N° de conductores por fase:	2	3
- Longitud estimada (tendido):	20 m	20 m

(*) Parámetros proporcionados por ETAP, usuales en éste tipo de cables.

3.5. Consumos del Centro de Transformación de SS.AA. de turbinas.

Los datos de consumo detallados del Centro de Transformación se podrán comprobar en el documento “Estudio de consumos y dimensionamiento de transformadores.

Para simplicidad de cálculo y representación, en los anexos aparecen los cálculos en ETAP se han agrupado los consumos de los equipos que no se vayan a alimentar en el momento de instalación del Centro siempre teniendo en cuenta el consumo que refleja el estudio de consumos con sus correspondientes coeficientes de carga y equilibrando las cargas para que las dos barras principales estén cargadas por igual.

Al realizar el cálculo, las cargas se pueden considerar como puramente estáticas, puramente dinámicas o bien un intermedio entre ambas. Según como se consideren las cargas, estas pueden tener una cierta aportación residual de corriente de cortocircuito. Según los tipos de consumos que se van a alimentar se va a tener la siguiente caracterización de las cargas:

Carga	%Estático	%Dinámico
- Turbina arrancando	40	60
- Turbina en Standby	90	10
- Turbina en Funcionamiento	50	50
- Equipos principales de contra incendios	20	80
- Equipos secundarios de contra incendios	100	0
- Cargas de fuerza	100	0
- Cargas de alumbrado	100	0

4. CÁLCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Una vez determinados todos los parámetros de los elementos que conforman el sistema se puede proceder al cálculo de las intensidades de cortocircuito que circularán por el sistema, según la falta se produzca en un punto u otro del mismo y obteniendo los valores de cortocircuito trifásico máximo y de cortocircuito trifásico mínimo.

4.1. Cortocircuito trifásico máximo en Cabinas de BT del CT-SAT

Para este cálculo de cortocircuito la configuración del sistema es la siguiente:

- Potencia de cortocircuito de red, máxima.
- No se considera la impedancia de los Cables de BT.
- Turbina TG5 en Funcionamiento normal.
- Turbina TG6 en Arranque.
- Resto de turbinas en Standby.
- Resto de cargas con el consumo determinado en el estudio de consumos.

Resultando un valor de cortocircuito para estas condiciones:

	Icc	Icc (Mayorada 15%)
Cortocircuito trifásico máximo en Cabinas de BT:	51,6 kA	60 kA

La Intensidad de cortocircuito ha sido mayorada un 15% a favor de mayor seguridad en el posterior dimensionamiento del aparellaje de la Instalación.

En el Anexo I se se presentan los resultados proporcionados por ETAP para el cálculo.

4.2. Cortocircuito trifásico máximo en Centro de Fuerza y Alumbrado:

Para este cálculo de cortocircuito la configuración del sistema es la siguiente:

- Potencia de cortocircuito de red, máxima.
- No se considera la impedancia de los Cables de BT.
- Turbina TG5 en Standby.
- Turbina TG6 en Arranque.
- Resto de turbinas en Standby salvo una en funcionamiento normal.
- Resto de cargas con el consumo determinado en el estudio de consumos.

Resultando:

	Icc	Icc (Mayorada 10%)(*)
Cortocircuito trifásico máximo en Barras del Centro de Fuerza y Alumbrado:	12 kA	13,2 kA

(*) Se mayorada 10% en vez de 15% puesto que no se está considerando el Cable AT-TCA.

En el Anexo II se se presentan los resultados proporcionados por ETAP para el cálculo.

4.3. Cortocircuito trifásico mínimo en Cabinas de BT del CT-SAT

Para este cálculo de cortocircuito la configuración del sistema es la siguiente:

- Potencia de cortocircuito de red, mínima.
- Cargas desconectadas.
- Se considera la impedancia de los Cables de BT.

Resultando:

	I_{cc}
Cortocircuito trifásico mínimo en Cabinas de BT:	34,3 kA

En el Anexo III se presentan los resultados proporcionados por ETAP para el cálculo.

4.4. Cortocircuito trifásico mínimo en el Centro de Fuerza y Alumbrado del CT-SAT

Para este cálculo de cortocircuito la configuración del sistema es la siguiente:

- Potencia de cortocircuito de red, mínima.
- Cargas desconectadas.
- Se considera la impedancia de los Cables de BT.

Resultando:

	I_{cc}
Cortocircuito trifásico máximo en Barras del Centro de Fuerza y Alumbrado:	10,3 kA

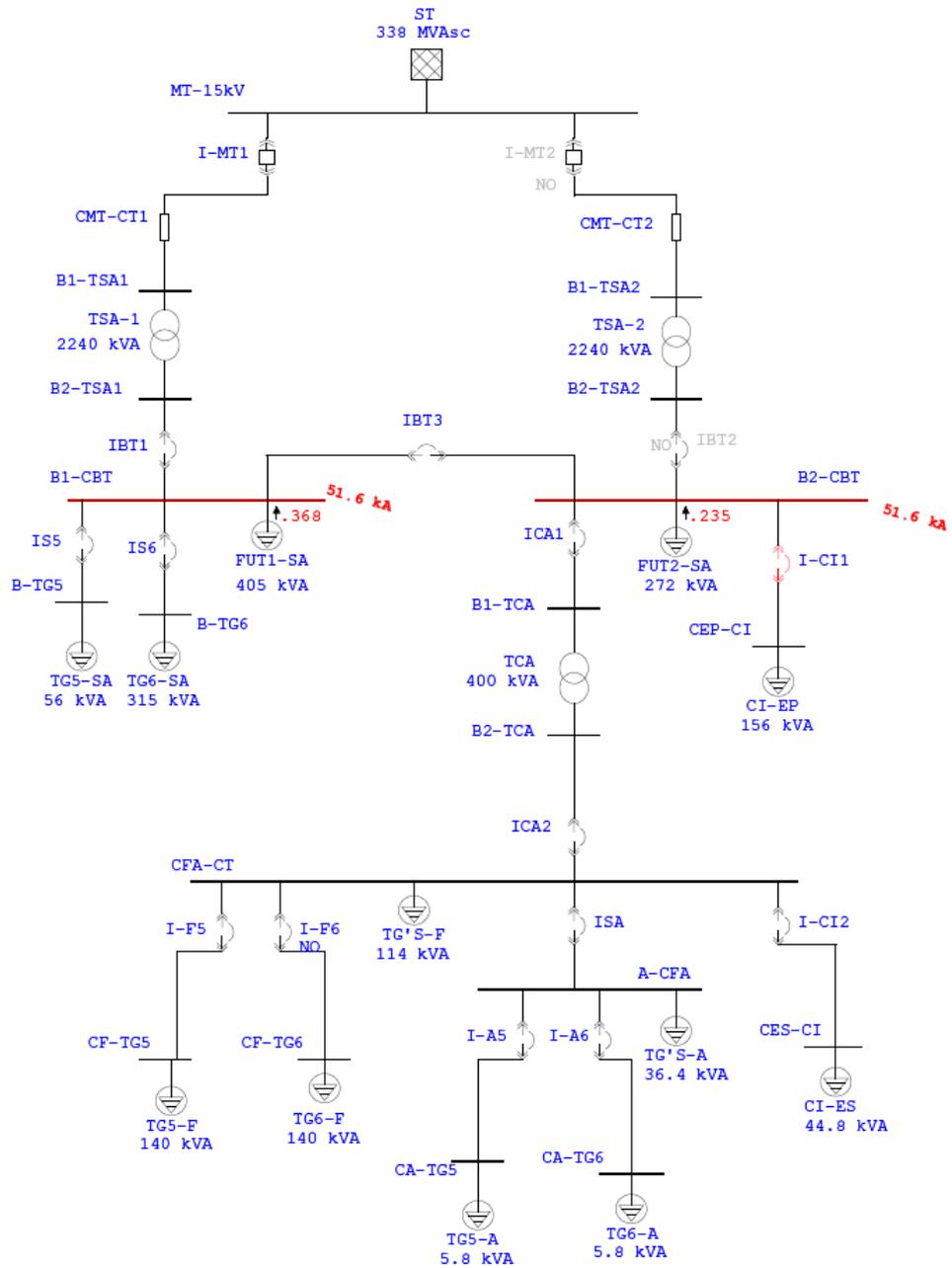
En el Anexo IV se presentan los resultados proporcionados por ETAP para el cálculo.

5. RESUMEN DE RESULTADOS

A continuación se presentan, a modo de resumen, las corrientes máximas y mínimas de cortocircuito trifásico en cada nivel de tensión para así poder dimensionar el aparellaje necesario para la operación del sistema:

- Icc máxima en Cabinas BT del CT-SAT	60 kA
- Icc máxima en Centro de fuerza y alumbrado	13,2 kA
- Icc mínima en Cabinas BT del CT-SAT	34,3 kA
- Icc mínima en Centro de Fuerza y Alumbrado	10,3 kA

ANEXO I: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÁXIMO EN CABINAS DE BT DEL CT-SAT



Project:	PFC	ETAP	Page:	1
Location:		5.0.3Z	Date:	24-10-2009
Contract:			SN:	85OTI30125
Engineer:	Daniel Maestro Juárez	Study Case: SC	Revision:	Base
Filename:	PFC		Config.:	Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase fault at bus: **B1-CBT**

Nominal kV = 0.400 Voltage c Factor = 1.05 (User-Defined)

Peak Value = 122.881 kA (Method C)
 Steady State = 47.706 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
B1-CBT	Total	0.00	7.029	-51.073	7.3	51.555
FUT1-SA	B1-CBT	100.00	0.143	-0.339	2.4	0.368
TG6-SA	B-TG6	100.00	0.666	-1.584	2.4	1.718
TG5-SA	B-TG5	100.00	0.099	-0.235	2.4	0.255
FUT2-SA	B2-CBT	97.56	0.091	-0.217	2.4	0.235
CI-EP	CEP-CI	100.00	0.549	-1.308	2.4	1.418
B2-TCA	B1-TCA	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
B1-TSA1	B2-TSA1	86.57	5.481	-47.390	8.6	47.706
MT-15kV	B1-TSA1	87.08	0.150	-1.295	8.6	1.304
ST	MT-15kV	97.56	0.150	-1.295	8.6	1.304

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	50.727	70.127	48.421
0.02	50.380	60.238	33.022
0.03	50.038	54.983	22.789
0.04	49.704	52.155	15.800
0.05	49.380	50.585	10.974
0.06	49.218	49.805	7.627
0.07	49.058	49.344	5.302
0.08	48.901	49.040	3.687
0.09	48.747	48.814	2.563
0.10	48.595	48.627	1.782
0.15	48.306	48.307	0.290
0.20	48.027	48.027	0.047
0.25	47.759	47.759	0.008
0.30	47.756	47.756	0.001

Project:	PFC	ETAP	Page:	2
Location:		5.0.3Z	Date:	24-10-2009
Contract:			SN:	850TI30125
Engineer:	Daniel Maestro Juárez	Study Case: SC	Revision:	Base
Filename:	PFC		Config.:	Normal

3-Phase fault at bus: **B2-CBT**

Nominal kV = 0.400 Voltage c Factor = 1.05 (User-Defined)

Peak Value = 122.881 kA (Method C)
 Steady State = 47.706 kA rms

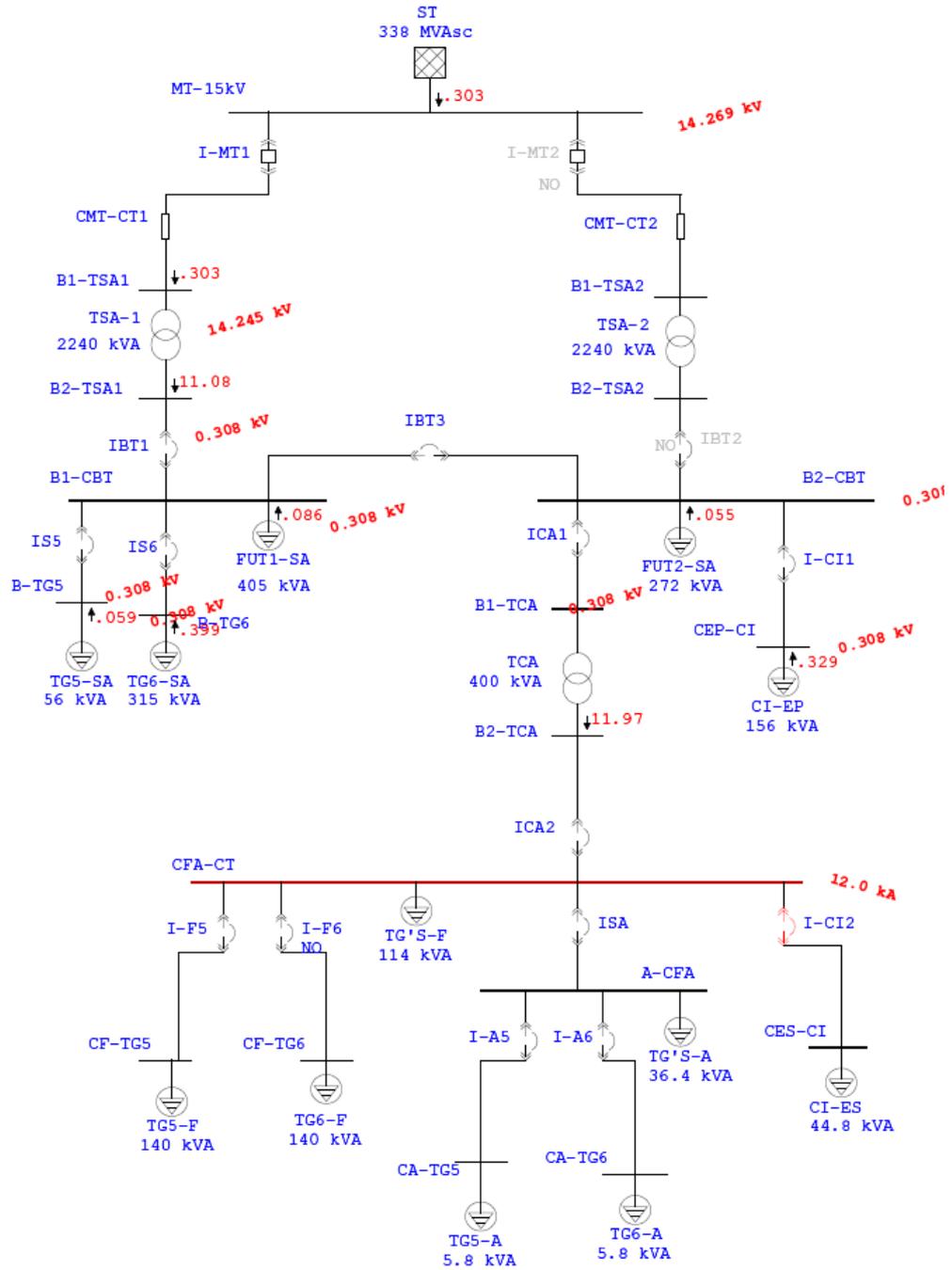
Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
B2-CBT	Total	0.00	7.029	-51.073	7.3	51.555
FUT2-SA	B2-CBT	97.56	0.091	-0.217	2.4	0.235
CI-EP	CEP-CI	100.00	0.549	-1.308	2.4	1.418
B2-TCA	B1-TCA	0.00	0.000	0.000	999.9	0.000
FUT1-SA	B1-CBT	100.00	0.143	-0.339	2.4	0.368
TG6-SA	B-TG6	100.00	0.666	-1.584	2.4	1.718
TG5-SA	B-TG5	100.00	0.099	-0.235	2.4	0.255
B1-TSA1	B2-TSA1	86.57	5.481	-47.390	8.6	47.706
MT-15kV	B1-TSA1	87.08	0.150	-1.295	8.6	1.304
ST	MT-15kV	97.56	0.150	-1.295	8.6	1.304

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	I _{b sym}	I _{b asym}	I _{dc}
0.01	50.727	70.127	48.421
0.02	50.380	60.238	33.022
0.03	50.038	54.983	22.789
0.04	49.704	52.155	15.800
0.05	49.380	50.585	10.974
0.06	49.218	49.805	7.627
0.07	49.058	49.344	5.302
0.08	48.901	49.040	3.687
0.09	48.747	48.814	2.563
0.10	48.595	48.627	1.782
0.15	48.306	48.307	0.290
0.20	48.027	48.027	0.047
0.25	47.759	47.759	0.008
0.30	47.756	47.756	0.001

ANEXO II: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÁXIMO EN CENTRO DE FUERZA Y ALUMBRADO



Project:	PFC	ETAP	Page:	1
Location:		5.0.3Z	Date:	24-10-2009
Contract:			SN:	85OTB0125
Engineer:	Daniel Maestro Juárez	Study Case: SC	Revision:	Base
Filename:	PFC		Config:	Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase fault at bus: **CFA-CT**

Nominal kV = 0.400

Voltage c Factor = 1.05 (User-Defined)

Peak Value = 24.510 kA (Method C)

Steady State = 11.765 kA rms

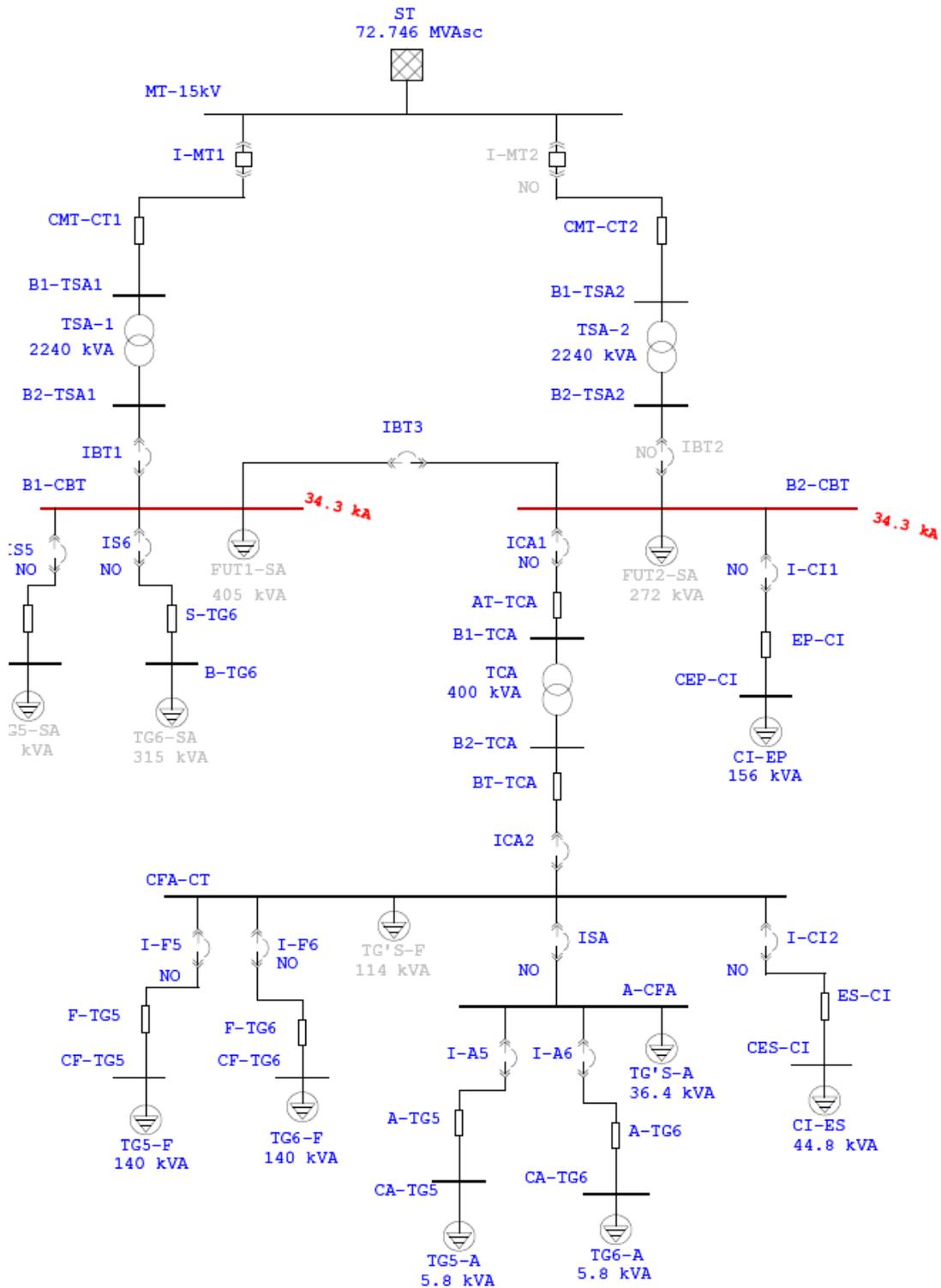
Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
CFA-CT	Total	0.00	3.220	-11.533	3.6	11.974
B1-TCA	B2-TCA	77.05	3.220	-11.533	3.6	11.974
FUT2-SA	B2-CBT	97.56	0.028	-0.047	1.7	0.055
C1-EP	CEP-CI	100.00	0.167	-0.284	1.7	0.329
FUT1-SA	B1-CBT	100.00	0.043	-0.074	1.7	0.086
TG6-SA	B-TG6	100.00	0.203	-0.344	1.7	0.399
TG5-SA	B-TG5	100.00	0.030	-0.051	1.7	0.059
B1-TSA1	B2-TSA1	94.97	2.748	-10.734	3.9	11.080
MT-15kV	B1-TSA1	95.13	0.075	-0.293	3.9	0.303
ST	MT-15kV	97.56	0.075	-0.293	3.9	0.303

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	11.974	13.937	7.132
0.02	11.974	12.351	3.029
0.03	11.974	12.042	1.281
0.04	11.974	11.986	0.542
0.05	11.974	11.976	0.231
0.06	11.974	11.974	0.098
0.07	11.974	11.974	0.041
0.08	11.974	11.974	0.018
0.09	11.974	11.974	0.007
0.10	11.974	11.974	0.003
0.15	11.974	11.974	0.000
0.20	11.974	11.974	0.000
0.25	11.974	11.974	0.000
0.30	11.974	11.974	0.000

ANEXO III: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÍNIMO EN CABINAS DE BT



Project:	PFC	ETAP	Page:	1
Location:		5.0.3Z	Date:	24-10-2009
Contract:			SN:	83OTI30125
Engineer:	Daniel Maestro Juárez	Study Case: SC	Revision:	Base
Filename:	PFC		Config.:	Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase fault at bus: **B1-CBT**

Nominal kV = 0.400

Voltage c Factor = 1.05 (User-Defined)

Peak Value = 81.245 kA (Method C)

Steady State = 34.274 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
B1-CBT	Total	0.00	4.543	-33.972	7.5	34.274
B1-TSA1	B2-TSA1	62.19	4.543	-33.972	7.5	34.274
MT-15kV	B1-TSA1	62.57	0.124	-0.929	7.5	0.937
ST	MT-15kV	97.56	0.124	-0.929	7.5	0.937

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	34.274	46.785	31.844
0.02	34.274	40.155	20.921
0.03	34.274	36.928	13.745
0.04	34.274	35.444	9.030
0.05	34.274	34.784	5.932
0.06	34.274	34.495	3.897
0.07	34.274	34.370	2.561
0.08	34.274	34.316	1.682
0.09	34.274	34.292	1.105
0.10	34.274	34.282	0.726
0.15	34.274	34.274	0.089
0.20	34.274	34.274	0.011
0.25	34.274	34.274	0.001
0.30	34.274	34.274	0.000

Project: PFC
 Location:
 Contract:
 Engineer: Daniel Maestro Juárez
 Filename: PFC

ETAP
 5.0.3Z

Study Case: SC

Page: 2
 Date: 24-10-2009
 SN: 850TI30125
 Revision: Base
 Config.: Normal

3-Phase fault at bus: **B2-CBT**

Nominal kV = 0.400

Voltage c Factor = 1.05 (User-Defined)

Peak Value = 81.245 kA (Method C)

Steady State = 34.274 kA rms

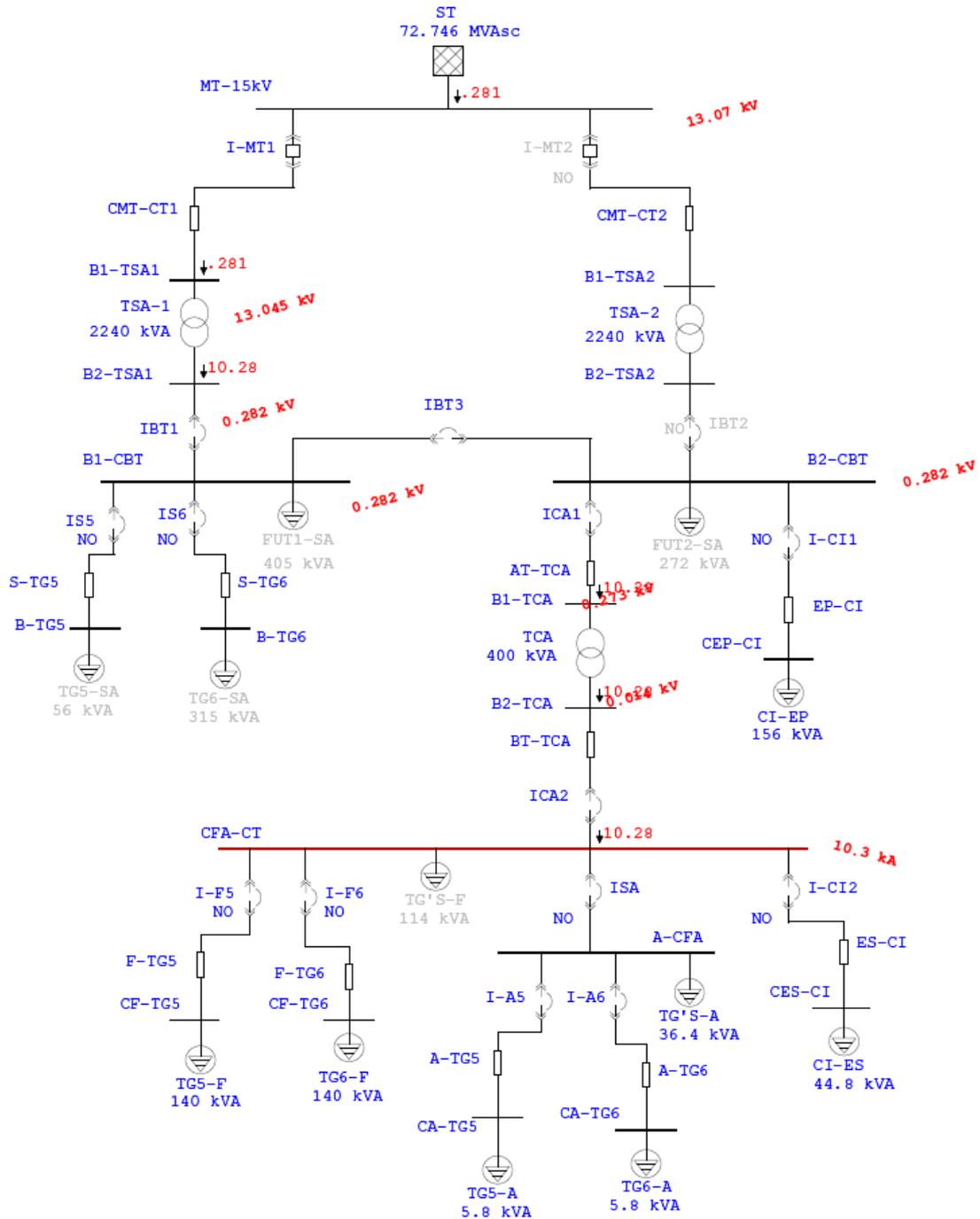
Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
B2-CBT	Total	0.00	4.543	-33.972	7.5	34.274
B1-TSA1	B2-TSA1	62.19	4.543	-33.972	7.5	34.274
MT-15kV	B1-TSA1	62.57	0.124	-0.929	7.5	0.937
ST	MT-15kV	97.56	0.124	-0.929	7.5	0.937

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	34.274	46.785	31.844
0.02	34.274	40.155	20.921
0.03	34.274	36.928	13.745
0.04	34.274	35.444	9.030
0.05	34.274	34.784	5.932
0.06	34.274	34.495	3.897
0.07	34.274	34.370	2.561
0.08	34.274	34.316	1.682
0.09	34.274	34.292	1.105
0.10	34.274	34.282	0.726
0.15	34.274	34.274	0.089
0.20	34.274	34.274	0.011
0.25	34.274	34.274	0.001
0.30	34.274	34.274	0.000

ANEXO IV: CORTOCIRCUITO TRIFÁSICO MÍNIMO EN CENTRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT



Project: PFC
 Location:
 Contract:
 Engineer: Daniel Maestro Juárez
 Filename: PFC

ETAP
 5.0.3Z

Study Case: SC

Page: 1
 Date: 24-10-2009
 SN: 850TB0125
 Revision: Base
 Config.: Normal

SHORT-CIRCUIT REPORT

3-Phase fault at bus: **CFA-CT**

Nominal kV = 0.400

Voltage c Factor = 1.05 (User-Defined)

Peak Value = 20.534 kA (Method C)

Steady State = 10.277 kA rms

Contribution		Voltage & Initial Symmetrical Current (rms)				
From Bus ID	To Bus ID	% V From Bus	kA Real	kA Imaginary	X/R Ratio	kA Magnitude
CFA-CT	Total	0.00	2.996	-9.831	3.3	10.277
B2-TCA	CFA-CT	3.42	2.996	-9.831	3.3	10.277
B1-TCA	B2-TCA	68.23	2.996	-9.831	3.3	10.277
B2-CBT	B1-TCA	68.86	2.996	-9.831	3.3	10.277
B1-TSA1	B2-TSA1	86.97	2.996	-9.831	3.3	10.277

Breaking and DC Fault Current (kA)

Based on Total Bus Fault Current

TD (S)	Ib sym	Ib asym	Idc
0.01	10.277	11.694	5.579
0.02	10.277	10.498	2.141
0.03	10.277	10.310	0.822
0.04	10.277	10.282	0.316
0.05	10.277	10.278	0.121
0.06	10.277	10.278	0.046
0.07	10.277	10.277	0.018
0.08	10.277	10.277	0.007
0.09	10.277	10.277	0.003
0.10	10.277	10.277	0.001
0.15	10.277	10.277	0.000
0.20	10.277	10.277	0.000
0.25	10.277	10.277	0.000
0.30	10.277	10.277	0.000

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica

ANEXO A LA MEMORIA
CÁLCULO DE CABLES DE MT

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2009

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO.....	3
2. DOCUMENTACIÓN UTILIZADA Y PREMISAS DEL CÁLCULO.....	4
3. DATOS PRELIMINARES	4
3.1. Datos nominales del sistema.....	4
3.2. Datos nominales de consumo del centro de transformación.....	4
4. ESTIMACIÓN DEL CABLE.....	6
4.1. Dimensionamiento del cable por intensidad máxima admisible.....	7
4.2. Dimensionamiento del cable por intensidad de cortocircuito.....	8
4.3. Dimensionamiento por caída de tensión	9
5. CONCLUSIONES	10
5.1. Reaprovechamiento de cable de MT actual.....	10
ANEXO I: CÁLCULO DESARROLLADO DEL CABLE DE MT DE ALIMENTACIÓN AL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	12
ANEXO II: CÁLCULO DEL DIÁMETROS DEL TUBO DE ALOJAMIENTO DE CABLES	15
ANEXO III: CÁLCULO DEL RADIO MÍNIMO DE CURVATURA	17
ANEXO IV: PREVISIÓN DE LA CANALIZACIÓN DEL CABLE CMT-CT-1,2	19
ANEXO V: CÁLCULO DE LA LONGITUD Y NÚMERO DE BOBINAS NECESARIAS	21

1. OBJETO DEL ESTUDIO

En el presente documento se mostrará el cálculo del dimensionamiento de los cables de MT a un nivel de tensión de 15 KV para la instalación de un nuevo centro de transformación que alimentará a los servicios auxiliares de las turbinas de gas TG5, TG6, TG7, TG8 y TG9 de la central térmica de Ibiza

El Centro de Transformación dispondrá de dos circuitos independientes de alimentación para garantizar la seguridad de suministro con redundancia en potencia, por lo que el cálculo del cable será extensivo a dos (2) circuitos análogos. La alimentación se dispondrá desde las celdas de 15 kV de Ibiza II de nueva implantación.

En los siguientes apartados se mostrará el procedimiento de selección del cable mediante el proceso determinado por la normativa UNE 20-435-90/2 (“Guía para la elección de cables de alta tensión- Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extraídos para tensiones nominales de 1 a 30 KV”). Al final del documento se encontrará un apéndice en el que aparecen los cálculos detallados de la sección del cable.

Los cálculos serán realizados a tres temperaturas ambiente de funcionamiento, que son referencias extremas de las condiciones de explotación que se contemplan, siendo éstas temperaturas media, máxima y mínima de la isla (17,7°C, 35°C y -5°C).

En estas condiciones, se establece como valor único y de referencia de cálculo la potencia máxima que absorberán los transformadores del centro de transformación como criterio maximizador de seguridad.

A partir de la potencia de referencia de consumo, van a determinarse los cables con los siguientes criterios:

- Estimar una sección lo suficientemente amplia como para aminorar el nº de ternas de cables en paralelo.
- Concretar las ternas que en cada caso apliquen.
- Concretar los parámetros característicos del cable, en función de la variación de la temperatura.

Posteriormente, se verificarán en función de las características de la instalación y entorno climático, la validez de comportamiento de los cables en las condiciones de explotación, viendo desde el lado de la seguridad aquellas más desfavorables que acontezcan.

2. DOCUMENTACIÓN UTILIZADA Y PREMISAS DEL CÁLCULO

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- “Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- Esquema unifilar simplificado de la Instalación.
- Plano canalizaciones generales.
- Catálogo de cables de MT de GENERAL CABLE.
- Estudio de cortocircuito.
- Norma UNE 20-435-90/2.

3. DATOS PRELIMINARES

3.1. Datos nominales del sistema

- Tensión nominal:	15 KV
- Rango de variación de la tensión	±5%
- Frecuencia:	50 Hz
- Intensidad de cortocircuito máxima	13 KA

3.2. Datos nominales de consumo del centro de transformación

A continuación se presentan los datos de consumo máximo del centro de transformación, según la potencia de los dos transformadores del mismo.

Asimismo también se calcula la intensidad que consume el mismo según la ecuación:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Según criterios de diseño, las intensidades determinadas se mayorarán en un 10% (Criterio de diseño de cables de MT). De ésta forma dispondrán de margen en su intensidad admisible permanente para absorber sobrecargas de falta.

	TSA-1,2
- Potencia nominal :	1600 kVA
- Potencia en régimen ANAF (1):	2240 kVA
- Intensidad de consumo (2):	90,76 A
- I+sobrecarga (10%):	99,83 A

(1): Ésta potencia de consumo es la propia de un único transformador del centro de transformación. La potencia del transformador será considerando, que el mismo, trabaja en régimen de refrigeración AN/AF, otorgando una potencia, aproximadamente, de un 40% mayor que la nominal. La potencia del segundo transformador será equivalente y, por tanto el cable correspondiente, también lo será.

(2): La intensidad nominal se ha calculado teniendo en cuenta el desequilibrio o disminución de la tensión del 5% para así considerar la situación más desfavorable, dentro de los límites de operación.

4. ESTIMACIÓN DEL CABLE

Para la determinación de la sección y número de cables por fase necesarios para soportar la carga a la que va a estar sometido en las condiciones más desfavorables, el cable deberá ser válido según el criterio de máxima intensidad admisible, intensidad de cortocircuito y de caída de tensión.

Asimismo, se considerará para el cálculo, según criterios de diseño, que los cables serán unipolares siempre y cuando la sección de cálculo no sea inferior a 185 mm². En caso contrario los cables deberán ser tripolares.

Según los criterios de diseño, el aislamiento del cable seleccionado deberá ser de tipo EPR. De ésta forma las características del cable escogido según los cálculos son las siguientes:

	EPR
- Sección	3x70 mm ²
- Material conductor	Cobre
- Corriente admisible máxima (*)	245 A
- Resistencia	0.345 Ω/Km
- Reactancia	0.106 Ω/Km

(*) En condiciones de instalación enterrada, a una temperatura del terreno de 25°C y a una temperatura del conductor de 90°C siendo la conductividad térmica del terreno 100°C.cm/W. La profundidad de la instalación estará entre 70 y 100 cm.

Dado que la sección del cable es inferior a 185 mm² el cable será de tipo tripolar.

Como se indica en los cálculos anexos, y se comprobará a continuación, el número de cables por fase y la longitud del cable a emplear son los siguientes:

	CMT-CT-1,2
- Número de cables por fase	1
- Longitud estimada de tendido(1)	285 m
- Número de fases	3
- Longitud estimada de cable(2)	285 m

- (1) Del cable en su conjunto. Incluyendo una previsión para remotes.
(2) Cable tripolar 3x70. Ésta longitud es la de cada uno de los dos cables.

4.1. Dimensionamiento del cable por intensidad máxima admisible

Para la comprobación de que el cable soporta una intensidad suficiente para cubrir la corriente circulante en las condiciones más desfavorables, se deberán tener en cuenta una serie de factores de corrección en la intensidad máxima admisible del cable según su disposición de tendido y condiciones de servicio en las que se encuentra. En cualquiera de las condiciones, el cable cumplirá con margen suficiente las condiciones de seguridad.

De partida, la instalación de los cables será enterrada, bajo tubo y a 1 metro de profundidad del suelo. Se tomará éste tipo de instalación como referencia y servirá de base para determinar la intensidad admisible en permanencia. El hecho de que haya un tramo, corto, al aire en la parte que transcurre por bandeja en intemperie no cambia el carácter de la instalación.

Según las condiciones en las que se encuentre el cable se deberán aplicar una serie de factores de corrección. En el caso que nos ocupa, la norma UNE 20-435-90/2 considera en primer lugar un factor de corrección de 0,8 para cables entubados.

Se considerará adicionalmente, un factor de corrección debido a la variabilidad de temperatura del terreno en función de la temperatura del aire. Suponiendo que la conductividad térmica del terreno permanezca invariable se considerará que la temperatura del terreno será 15°C, 25°C y 10°C para las tres temperaturas ambiente de referencia (17,7°C, 35°C, -5°C).

De éste modo, aplicando los factores de corrección se dispondrá finalmente de las siguientes intensidades admisibles:

	17,7 °C	35 °C	-5 °C
- Factor de corrección por cables entubados	0,8	0,8	0,8
- Factor de corrección por cables en paralelo	N/A	N/A	N/A
- Factor de corrección por temperatura del terreno	1,07	1	1,11
- Intensidad nominal del cable	245 A	245 A	245 A
- Factor de corrección total	0,856	0,8	0,888
- Intensidad máxima admisible corregida por cable	209,72 A	196 A	217,56 A

Una vez calculadas la intensidad máxima admisible y las intensidades por cable que circularán en condiciones nominales por los conductores, según temperatura ambiental, se obtendrán los siguientes factores de carga de los cables:

	17,7 °C	35 °C	-5 °C
- Nº cables por fase	1	1	1
- Intensidad	99,83 A	99,83 A	99,83 A
- Int. unitaria por cable	99,83 A	99,83 A	99,83 A
- Int. Máx. admisible	209,72 A	196 A	217,56 A
- Fact. de carga máximo	47,60 %	50,93 %	45,89%

Dado que ningún factor de carga supera el 100%, en las distintas condiciones de servicio y una vez aplicado los factores de corrección, se puede concluir que el cable cumple el criterio según intensidad máxima admisible.

4.2. Dimensionamiento del cable por intensidad de cortocircuito

Para que el cable cumpla con éste criterio, la intensidad de cortocircuito que soporte el cable deberá ser superior la máxima estimada determinada en el apartado 3.1. La intensidad de cortocircuito máxima soportada por el cable se calculará de la siguiente forma según UNE 20-435-90/2:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}}$$

Dado que:

K= 142 para el cobre

S = Sección del conductor en mm² = 70 mm²

T = Tiempo máximo de defecto en s = 0,5 s

$$I_{cc} = 14,06 \text{ KA}$$

Las intensidades de cortocircuito máximas en el sistema son de 13 KA, por lo que no superan los 14,06 KA que soporta el cable, por tanto, el cable será válido.

Las pantallas de los cables deberán soportar intensidades de cortocircuito monofásicas de valores próximos a 0 por estar limitadas dichas corrientes en las barras de 15 kV de Ibiza II, por lo que una pantalla de 16 mm² normalizada para éste tipo de cables será válida en todo caso.

4.3. Dimensionamiento por caída de tensión

La caída de tensión en los conductores se calculará de la siguiente forma:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \text{sen} \varphi)$$

De ésta forma, las caídas de tensión del cable serán:

	CMT-CT-1,2
- Intensidad:	99,83 A
- Longitud	285 m
- cos(φ):	0,8
- sen(φ):	0,6
- Número de cables por fase	1
- Resistencia unitaria	0.345 Ω/Km
- Reactancia unitaria	0.106 Ω/Km
- Caída de tensión máxima:	0,1116%

No se ha considerado la variación de la resistencia del conductor con la temperatura ya que se mantiene prácticamente constante en los rangos de temperatura estudiados.

Se ha establecido como criterio de diseño que la caída de tensión máxima que presente un cable de MT no supere el 0,5%, por lo que el cable cumple con dicho criterio ya que las caídas de tensión máximas son inferiores al valor límite.

5. CONCLUSIONES

Después de demostrar que el cable seleccionado cumple todos los criterios determinados por la normativa, se puede concluir que el cable es válido.

5.1. Reaprovechamiento de cable de MT actual.

El centro de transformación actual (el cual alimenta al edificio de oficinas y el contra incendios) está alimentado (para los dos correspondientes transformadores) mediante un cable de MT del mismo tipo del que se ha calculado en éste documento, pero de sección mayor, en concreto de 150 mm².

Con el fin de optimizar el proyecto económicamente, y en el caso de que el nuevo Centro de Transformación se alimente desde la actual subestación de Ibiza II, se podría reutilizar dicho cable (3x150 mm²) para alimentar el nuevo centro de transformación. En cambio, si finalmente se alimenta el Centro desde la nueva subestación de Ibiza II se optará por tender cable nuevo de las características del calculado en éste documento (3x70 mm²).

En el caso de que se pueda reutilizar el cable, se tendrán que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

El cable actual llega hasta el edificio de oficinas que será demolido próximamente y parte de la actual subestación de Ibiza II situada contigua a los transformadores de TG5 y TG6. Por ello, será necesario, retranquear el extremo final del cable hasta la “arqueta 7” y reconducirlo por la nueva canalización que discurre paralela a las turbinas.

La longitud estimada del cable actual es de aproximadamente 230 m. La longitud requerida de cable para el nuevo centro de transformación es de 285 m. Por lo tanto, habría que considerar un posible empalme de unos 60 m de cable nuevo ya que la longitud del existente, es insuficiente.

Ya que se empleará un cable de mayor sección, mejorarán las condiciones de operación tal y como se muestra a continuación:

- Cable	1x150 mm ²
- Intensidad máxima admisible	365 A
- Factor de carga máximo (35 °C)	34,19 %
- Caída de tensión	0,061 %
- Intensidad de cortocircuito soportada	30,12 kA

ANEXO I: CÁLCULO DESARROLLADO DEL CABLE DE MT DE ALIMENTACIÓN AL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

CÁLCULO DEL CABLE DESDE CELDAS DE 15 KV AL CT DE SS.AA. DE TURBINAS

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo de TSA-1,2 y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	2,24	2,24	2,24	MVA	Potencia ANAF
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi de la instalación
Tensión de servicio		15,00	15,00	15,00	KV	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		8,66	8,66	8,66	KV	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		14,25	14,25	14,25	KV	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	12,00			KV	Característica Uo /U
	U	20,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible

Longitud	L	285,00	285,00	285,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,00	13,00	13,00	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	90,76	90,76	90,76	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	99,83	99,83	99,83	A	

Características del cable (EPR)

Sección	S	70	70	70	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	245	245	245	A	Termica, admisible en permanencia
Resistencia	Ri	0,345	0,345	0,345	Ω/km	Datos del catálogo Pirelli
Reactancia	Xi	0,106	0,106	0,106	Ω/km	Datos del catálogo Pirelli

Intensidades de circulación

Intensidad máxima	Im	245	245	245	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	99,83	99,83	99,83	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	245,00	245,00	245,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	196	196	196	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	209,72	196	217,56	A	

Factores de carga del cable

Factor de carga mínimo	C	40,75	40,75	40,75	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	40,75	40,75	40,75	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	50,93	50,93	50,93	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	47,60	50,93	45,89	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Cálculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		70,00			mm2	
Longitud de tendido		285,00	285,00	285,00	mts.	Desde Ibiza II a Centro de transformación
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		855	855	855	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Caída de tensión						
Caída de tensión	ΔU	16,7355	16,7355	16,7355	V	$\Delta U = L \times I_n \times [\sqrt{3} \times (R_t \times \cos \Phi + X_t \times \sin \Phi)]$
Caída porcentual	ΔU	0,1116	0,1116	0,1116	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

PFC: Integración de un Centro de Transformación de SS.AA. de turbinas en una Central Térmica

Autor: Daniel Maestro Juárez

Tutor: Pablo Ledesma Larrea

ANEXO A LA MEMORIA Cálculo de Cables de MT

Pérdida de potencia	ΔP	2,19	2,19	2,19	kW	$\Delta P = (R_l \times L \times P^2) / (\cos^2 \times U^2)$
Pérdida porcentual	ΔP	0,0979	0,0979	0,0979	%	Pérdida de potencia admisible. Cable válido

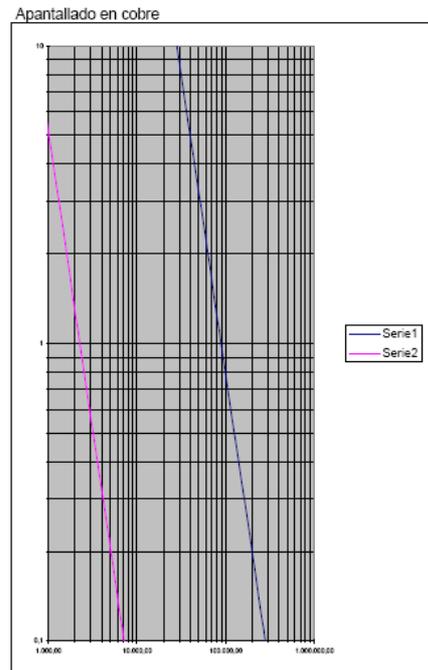
5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	
Intensidad cc	Icc	13,00	13,00	13,00	kA	Por cable, en los extremos
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,58	0,58	0,58	s	El cable es válido, no sufre efecto fusible
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	
Intensidad cc	Icc	13,00	13,00	13,00	kA	Por cable, en uno de los que conforma el paralelo d
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,58	0,58	0,58	s	El cable es válido

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones
Seccion	70	mm ²	
Designación tipo cable	DHZ1		
Tens. Normaliz. Uo/U	12/20	KV	
Material conductor	Cobre		
Fabricante	PIRELLI		
Designación comercial	EPROTENAX H		
Diametro conductor	9,9	mm.	
Diametro exterior aprox.	54,6	mm.	
Resistencia	0,345	Ohm/km.	
Reactancia	0,106	Ohm/km.	
Regimen neutro	Impedante		
Tensión normalizada	12/20	KV.	
Ensayo tensión a frec. ind.	38	KV.	
Tensión impulso tipo rayo	95	KV.	
Intens. admis. CC conduc.			
# durante 0,1 seg	0,1	282.897,36	kA.
# durante 0,2 seg	0,2	200.038,64	kA.
# durante 0,3 seg	0,3	163.330,87	kA.
# durante 0,5 seg	0,5	126.515,55	kA.
# durante 1 seg	1	89.460,00	kA.
# durante 2 seg	2	63.257,77	kA.
# durante 3 seg	3	51.649,76	kA.
# durante 5 seg	5	40.007,73	kA.
# durante 10 seg	10	28.289,74	kA.
Pantalla		16,00	mm ²
Intens. Admis. CC pantalla			
# durante 0,1 seg	0,1	7.184,69	A
# durante 0,2 seg	0,2	5.080,35	A
# durante 0,3 seg	0,3	4.148,09	A
# durante 0,5 seg	0,5	3.213,09	A
# durante 1 seg	1	2.272,00	A
# durante 2 seg	2	1.606,55	A
# durante 3 seg	3	1.311,74	A
# durante 5 seg	5	1.016,07	A
# durante 10 seg	10	718,47	A
Peso aproximado	5.403,30	Kg/m.	
Radio minimo curvatura	483,75	mm.	
Capacidad fase	0,496	uF/Km.	
Intensidad Admisible	245,00	A	

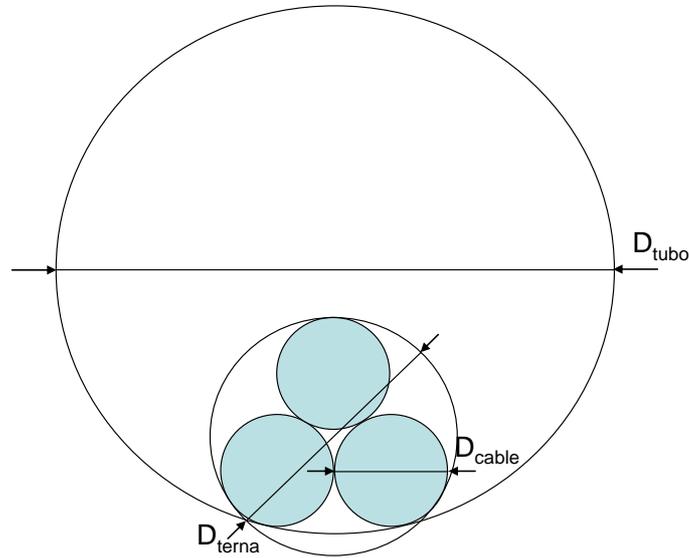


7,5*(d+D)

Maximo

ANEXO II: CÁLCULO DEL DIÁMETROS DEL TUBO DE ALOJAMIENTO DE CABLES

El diámetro del tubo en la que estarán ubicados los cables de potencia deberá ser de al menos el doble del diámetro aparente de la terna de los tres cables unipolares juntos. De ésta forma según el diagrama adjunto:



El diámetro exterior total de un cable tripolar es de 54,6 mm.

Por lo que el diámetro del tubo deberá ser superior a 105,2 mm que es el doble del diámetro aparente del cable. Se escogerá un tubo de **250 mm** para estar en valores normalizados y maximizando las condiciones de seguridad.

ANEXO III: CÁLCULO DEL RADIO MÍNIMO DE CURVATURA

Según la normativa UNE 20-435-90/2, se calculará el radio de curvatura mínimo de instalación de los cables de la siguiente forma:

$$R_{\text{curmin}} = 7,5(D_{\text{extcable}} + d_{\text{conductor}})$$

Siendo:

$$D_{\text{extcable}} = 54,4$$

$$d_{\text{conductor}} = 9,9 \text{ mm}$$

$$R_{\text{curmin}} = 483,7 \text{ mm}$$

ANEXO IV: PREVISIÓN DE LA CANALIZACIÓN DEL CABLE CMT-CT-1,2



ANEXO V: CÁLCULO DE LA LONGITUD Y NÚMERO DE BOBINAS NECESARIAS

Cálculo de la longitud de tendido de cable:

- Longitud de tendido:	262 m
- Remontes de cable y saneado de puntas y terminales:	23 m
- Longitud de reserva (10% Aprox.):	30 m
- Longitud de tendido de cable TOTAL:	315 m

Cálculo de la longitud mínima de bobina:

- Longitud de tramo de cable (sin cortes):	315 m
- N° de tramos en bobina (Previstos):	2
- Longitud mínima de bobina:	630 m

Cálculo del número de bobinas previstas:

- Tramos de tendido por fase:	1
- N° de bobinas previstas(*):	1

(*) De dos tramos cada una.

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica

ANEXO A LA MEMORIA
CÁLCULO DE CABLES DE BT

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2.009

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO.....	4
2. DOCUMENTACIÓN UTILIZADA Y PREMISAS DEL CÁLCULO.....	7
3. DATOS PRELIMINARES	7
3.1. Datos nominales de los cuadros de BT	7
3.2. Datos de intensidad corregida de seguridad.....	8
4. ESTIMACIÓN DEL CABLE	9
4.1. Dimensionamiento del cable por intensidad máxima admisible.....	11
4.2. Dimensionamiento del cable por intensidad de cortocircuito.....	13
4.3. Dimensionamiento por caída de tensión	14
5. CONCLUSIONES	17
5.1. REAPROVECHAMIENTO DE CABLES	17
ANEXO I: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS DE BT DEL CT-SAT AL CUADRO CBT-TG5 (Instalación enterrada bajo tubo)	18
ANEXO II: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS DE BT DEL CT-SAT AL CUADRO CBT-TG6 (Instalación enterrada bajo tubo).....	21
ANEXO III: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS DE BT DEL CT-SAT AL CUADRO DE ALIMENTACIONES DE EQUIPOS PRINCIPALES DE CONTRA-INCENDIOS (Instalación enterrada bajo tubo)	24
ANEXO IV: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO DE ALIMENTACIONES DE EQUIPOS SECUNDARIOS DE CONTRA-INCENDIOS (Instalación enterrada bajo tubo)	28
ANEXO V: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO CA-TG5 (Instalación enterrada bajo tubo).....	31
ANEXO VI: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT, AL CUADRO CA-TG6 (Instalación enterrada bajo tubo)	34
ANEXO VII: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO CF-TG5 (Instalación enterrada bajo tubo).....	37
ANEXO VIII: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO EL CT-SAT AL CUADRO CF-TG6 (Instalación enterrada bajo tubo)	40
ANEXO IX: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS BT DEL CT-SAT AL TRANSFORMADOR DE ALUMBRADO TCA	43

ANEXO X: CÁLCULO DEL CABLE DESDE EL TRANSFORMADOR DE ALUMBRADO TCA, HASTA CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT	46
ANEXO XI: CÁLCULO DEL CABLE DESDE EL CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO DE SERVICIOS INTERIORES DE CA PARA DISTRIBUCIÓN DE FUERZA INTERIOR	49
ANEXO XII: CÁLCULO DEL CABLE DESDE EL CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO DE SERVICIOS INTERIORES DE CA PARA DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO	52
ANEXO XIII: CÁLCULO DE LOS CABLES DESDE EL CUADRO DE CC DE IBIZA III AL CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE CC DEL CT-SAT	55
ANEXO XIV: CÁLCULO DEL RADIO MÍNIMO DE CURVATURA.....	59
ANEXO XV: JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA ALIMENTACIONES DE B.T.....	61
ANEXO XVI: PREVISIÓN DE LA CANALIZACIÓN DE LOS CABLES	63
ANEXO XVII: CÁLCULO DE LA LONGITUD Y NÚMERO DE BOBINAS NECESARIAS	74

1. OBJETO DEL ESTUDIO

En el presente documento se mostrará el cálculo del dimensionamiento de los cables de BT a un nivel de tensión de 400 V, y de 125 Vcc, para la alimentación desde el nuevo centro de transformación de alimentación de servicios auxiliares (CT-SAT), en la Central térmica de Ibiza, a los servicios auxiliares, propios, de las turbinas TG5 y TG6.

Así mismo, serán objeto de este documento, los cables de B.T. destinados a dar servicio, desde el CT-SAT, a los equipos ubicados en el edificio contra-incendios, de la Central, y destinados, principalmente, a su labor homónima.

En los siguientes apartados se mostrará el procedimiento de selección de los distintos cables mediante el proceso determinado por la normativa UNE 20-435-90/2 (“Guía para la elección de cables de alta tensión- Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extraídos para tensiones nominales de 1 a 30 kV”) en su apartado correspondiente a cables de transporte en BT y tensión 0,6/1 kV. Al final del documento se encontrará un apéndice en el que aparecen los cálculos detallados de la sección de los distintos cables.

Los cables que se calcularán en el documento serán los siguientes:

- Cable tendido desde el feeder de alimentación de Standby de TG5 en el CT-SAT, al cuadro de baja tensión específico de la turbina TG5 de alimentación de Standby (Se denominará S-TG5).
- Cable tendido desde el feeder de alimentación de Standby de TG6 en el CT-SAT, al cuadro de baja tensión específico de la turbina TG6 de alimentación de Standby (Se denominará S-TG6).
- Cable tendido desde el feeder de alimentación de cuadro contra-incendios en el CT-SAT, al cuadro de alimentaciones de equipos principales de edificio contra-incendios (Se denominará EP-CI).
- Cable tendido desde el feeder de alimentación de Alumbrado de TG5, en el CT-SAT, al cuadro de baja tensión específico de la turbina TG5 de alimentación de alumbrado exterior, CA-TG5.(Se denominará A-TG5).
- Cable tendido desde el feeder de alimentación de Alumbrado de TG6, en el CT-SAT, al cuadro de baja tensión específico de la turbina TG5 de alimentación de alumbrado exterior, CA-TG6.(Se denominará A-TG6).
- Cable tendido desde el feeder de alimentaciones, secundarias, de contra-incendios, en el CT-SAT, al cuadro de alimentaciones de equipos secundarios de edificio contra-incendios (Se denominará ES-CI).
- Cable tendido desde el feeder de alimentación de Fuerza de TG5 en el CT-SAT, al cuadro de baja tensión específico de la turbina TG5 de alimentación de fuerza exterior, CF-TG5.(Se denominará F-TG5).
- Cable tendido desde el feeder de alimentación de Fuerza de TG6 en el CT-SAT, al cuadro de baja tensión específico de la turbina TG6 de alimentación de fuerza exterior, CF-TG6.(Se denominará F-TG6).
- Cable tendido desde Cabinas de BT hasta Transformador de alumbrado, TCA.(Se denominará AT-TCA)

- Cable tendido desde el Transformador de Alumbrado, TCA, hasta Cuadro de Fuerza y Alumbrado en CT-SAT.(Se denominará BT-TCA)
- Cable tendido desde el Centro de Fuerza y Alumbrado al Cuadro de servicios interiores de CA del CT-SAT para distribución de Fuerza (Se denominará FC-CT)
- Cable tendido desde el Centro de Fuerza y Alumbrado al Cuadro de servicios interiores de CA del CT-SAT para distribución de alumbrado. (Se denominará AC-CT)
- Cable tendido desde Cuadro CC, de Ibiza III, hasta Cuadro de distribución de CC en CT-SAT. Puesto que se dotará a la Instalación de dos circuitos independientes de alimentación para garantizar la seguridad de suministro con redundancia en potencia, el cálculo será extensivo a dos cables idénticos. (Se denominarán CC-CT1 y CC-CT2, respectivamente).

Los cálculos serán realizados a tres temperaturas ambiente de funcionamiento, que son referencias extremas de las condiciones de explotación que se contemplan, siendo éstas temperaturas media, máxima y mínima de la isla (17,7°C, 35°C y -5°C).

La potencia nominal eléctrica será la máxima que el sistema puede aportar a la red. Las potencias entregadas vendrán determinadas por las siguientes condiciones:

- En el cable denominado S-TG5, vendrá determinada por la potencia que absorberán los servicios auxiliares de la turbina TG5.
- En el cable denominado S-TG6, vendrá determinada por la potencia que absorberán los servicios auxiliares de la turbina TG6.
- En el cable denominado EP-CI, vendrá determinada por la potencia que absorberán las alimentaciones, trifásicas, de equipos de edificio contra-incendios.
- En el cable denominado A-TG5, vendrá determinada por la potencia que absorberán el alumbrado exterior dispuesto en la zona asignada de la turbina TG5.
- En el cable denominado A-TG6, vendrá determinada por la potencia que absorberán el alumbrado exterior dispuesto en la zona asignada de la turbina TG6.
- En el cable denominado ES-CI, vendrá determinada por la potencia que absorberán las alimentaciones de equipos, secundarios, de edificio contra-incendios.
- En el cable denominado F-TG5, vendrá determinada por la potencia prevista que absorberán los cuadros de fuerza exterior específicos de la turbina TG5.
- En el cable denominado F-TG6, vendrá determinada por la potencia prevista que absorberán los cuadros de fuerza exterior específicos de la turbina.
- En el cable denominado AT-TCA y en el cable denominado BT-TCA vendrá determinada por la Potencia nominal del Transformador de Alumbrado, TCA.
- En el cable denominado FC-CT, vendrá determinada por la potencia prevista que absorberá por la dotación de servicios de fuerza exterior específicos y el sistema de ventilación de la caseta del CT-SAT.

- En el cable denominado AC-CT, vendrá determinada por la potencia prevista que demandará el Alumbrado, tanto perimetral como interior de la caseta del CT-SAT.
- En los cables denominados CC-CT1 y CC-CT2, vendrá determinada por la potencia de corriente continua que demandará el Cuadro de distribución de CC del Centro de Transformación.

Estas potencias no se verán variadas por condiciones climáticas.

A partir de la potencia de referencia de cada tramo, van a determinarse los cables con los siguientes criterios:

Estimar una sección lo suficientemente amplia como para aminorar el nº de ternas de cables en paralelo y concretar las ternas que en cada caso apliquen.

Posteriormente, se verificarán en función de las características de la instalación y entorno climático, la validez de comportamiento de los cables en las condiciones de explotación, viendo desde el lado de la seguridad aquellas más desfavorables que acontezcan.

2. DOCUMENTACIÓN UTILIZADA Y PREMISAS DEL CÁLCULO

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- Esquema unifilar simplificado de la instalación..
- Catálogo de cables de BT Pirelli.
- Norma UNE 20-435-90/2.
- Estudio de consumos y dimensionamiento de los transformadores.
- Estudio de Demanda de Servicios de Corriente Continua.
- Estudio de cortocircuito del Centro de Transformación.

3. DATOS PRELIMINARES

3.1. Datos nominales de los cuadros de BT

La intensidad nominal demandada se calculará según la siguiente ecuación, según la potencia empleada y tipo de alimentación, y más tarde se le aplicará un 10% de sobrecarga sin más holgura, al estar definido y delimitado el consumo claramente:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} \qquad I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} (*)$$

(*): $I = \frac{P}{U_{cc}}$ en el caso, concreto, de los cables de CC, CC-CT's.

CABLE	Tensión Nominal	ΔU_n ⁽¹⁾	Frecuencia	Icc máxima	Potencia Aparente ⁽²⁾	Intensidad ⁽³⁾
S-TG5	400 V	±5%	50 Hz	60 kA	246,10 kVA	373,91 A
S-TG6	400 V	±5%	50 Hz	60 kA	315 kVA	478,59 A
EP-CI	400 V	±5%	50 Hz	60 kA	155,83 kVA	236,76 A
ES-CI	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	74,60 kVA	113,34 A
A-TG5	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	5,75 kVA	8,74 A
A-TG6	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	6,38 kVA	9,69 A
F-TG5	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	140,01 kVA	212,72 A
F-TG6	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	140,01 kVA	212,72 A
AT-TCA	400 V	±5%	50 Hz	60 kA	400 kVA	607,74 A
BT-TCA	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	400 kVA	607,74 A
FC-CT	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	41,44 kVA	62,96 A
AC-CT	400 V	±5%	50 Hz	13,2 kA	5,79 kVA	8,80 A
CC-CT's	125 Vcc	±5%	50 Hz	10 kA	1,79 kW	15,06 A

(1): ΔU_n : Rango de variación de la tensión.

(2): En los cables de continua (CC-CT's), será Potencia Activa.

(3): La intensidad nominal se ha calculado teniendo en cuenta una reducción de la tensión en un 5% para así considerar la situación más desfavorable.

3.2. Datos de intensidad corregida de seguridad

Según criterios de diseño, las intensidades determinadas se mayorarán en un 10% (Criterio de diseño de cables de BT). De ésta forma dispondrán de margen en su intensidad admisible permanente para absorber sobrecargas de falta no contemplándose incrementos de corriente al ser la intensidad ya máxima, y constante.

CABLE	Intensidad Nominal	Intensidad Sobrecarga
S-TG5	373,91 A	411,30 A
S-TG6	478,59 A	526,45 A
EP-CI	236,76 A	260,44 A
ES-CI	113,34 A	124,68 A
A-TG5	8,74 A	9,61 A
A-TG6	9,69 A	10,66 A
F-TG5	212,72 A	234,00 A
F-TG6	212,72 A	234,00 A
AT-TCA	607,74 A	668,5 A
BT-TCA	607,74 A	668,5 A
FC-CT	62,96 A	69,26 A
AC-CT	8,80 A	9,68 A
CC-CT's	12,46 A	16,58 A

4. ESTIMACIÓN DEL CABLE

Para la determinación de la sección y número de cables por fase necesarios para soportar la carga a la que va a estar sometido en las condiciones más desfavorables, el cable deberá ser válido según el criterio de máxima intensidad admisible, intensidad de cortocircuito y de caída de tensión.

Para la selección del cable se ha tenido en cuenta el criterio exigido de que el aislamiento del cable debe estar formado por XLPE, la cubierta debe ser de PVC y que la tensión nominal del mismo sea 0,6/1 kV. Asimismo, se considerará para el cálculo, según criterios de diseño, que los cables serán unipolares siempre y cuando la sección de cálculo no sea inferior a 185 mm². En caso contrario los cables deberán ser tripolares o tripolares + neutro (de manguera).

Sólo dispondrán de neutro aquellos que tengan que proporcionar una tensión monofásica a las cargas, en éste caso serán los de alimentación de alumbrado y fuerza

A-TG5, A-TG6, F-TG5, F-TG6, así como, el de alimentación de equipos secundarios del edificio contra-incendios, ES-CI y el del secundario del transformador de alumbrado BT-TCA.

De ésta forma las características del cable escogido según los cálculos son las siguientes:

CABLE	Sección	Neutro	Material Conductor	Corriente admisible Máxima ⁽¹⁾
S-TG5	300 mm ²	N/A	Cobre	620 A
S-TG6	300 mm ²	N/A	Cobre	620 A
EP-CI	400 mm ²	N/A	Cobre	705 A
ES-CI	95 mm ²	50 mm ²	Cobre	310 A
A-TG5	70 mm ²	35 mm ²	Cobre	260 A
A-TG6	70 mm ²	35 mm ²	Cobre	260 A
F-TG5	95 mm ²	50 mm ²	Cobre	310 A
F-TG6	95 mm ²	50 mm ²	Cobre	310 A
AT-TCA	300 mm ²	N/A	Cobre	620 A
BT-TCA	95 mm ²	50 mm ²	Cobre	310 A
FC-CT	70 mm ²	35 mm ²	Cobre	260 A
AC-CT	70 mm ²	35 mm ²	Cobre	260 A
CC-CT's	95 mm ²	N/A	Cobre	310 A

(1): En condiciones de instalación enterrada, a una temperatura del terreno de 25°C y a una temperatura del conductor de 90°C siendo la conductividad térmica del terreno 100°C.cm/W. La profundidad de la instalación estará entre 70 y 100 cm.

Como se indica en los cálculos anexos, y se comprobará a continuación, el número de ternas y la longitud del cable a emplear son los siguientes:

CABLE	Nº cables/fase	Longitud de Tendido	Nº Fases	Cable de Neutro	Tipo de Cable	Longitud Cable
S-TG5	2	195 m	3	N/A	Unipolar (1x300)	2x3x195= 1.170 m
S-TG6	2	55 m	3	N/A	Unipolar (1x300)	2x3x55= 330 m
EP-CI	1	155 m	3	N/A	Unipolar (1x400)	1x3x155= 465 m
ES-CI	1	155 m	3+N	1	Tripolar (3,5x95)	1x155= 155 m
A-TG5	1	175 m	3+N	1	Tripolar (3,5x70)	1x175= 175 m
A-TG6	1	40 m	3+N	1	Tripolar (3,5x70)	1x40= 40 m
F-TG5	2	175 m	3+N	1	Tripolar (3,5x95)	2x175= 350 m
F-TG6	1	40 m	3+N	1	Tripolar (3,5x95)	1x40= 40 m
AT-TCA	2	20 m	3	N/A	Unipolar (1x300)	2x3x20= 120 m
BT-TCA	3	20 m	3+N	1	Tripolar (3,5x95)	3x20= 60 m
FC-CT	1	15 m	3+N	1	Tripolar (3,5x70)	1x15= 15 m
AC-CT	1	15 m	3+N	1	Tripolar (3,5x70)	1x15= 15 m
CC-CT's	1	270 m	N/A	N/A	Bipolar (2x95)	1x270= 270 m

4.1. Dimensionamiento del cable por intensidad máxima admisible

Para la comprobación de que el cable soporta una intensidad suficiente para transmitir la corriente circulante en las condiciones más desfavorables, se deberán tener en cuenta una serie de factores de corrección en la intensidad máxima admisible del cable según su disposición de tendido y condiciones de servicio en las que se encuentra. En cualquiera de las condiciones, el cable cumplirá con margen suficiente las condiciones de seguridad.

Según las condiciones en las que se encuentre el cable se deberán aplicar una serie de factores de corrección determinados en la norma UNE 20-435-90/2. Para el cálculo de los distintos cables se tomarán como referencia las siguientes características de instalación, descritas seguidamente, para determinar la intensidad admisible en permanencia:

Para el cálculo de los distintos cables se tomará como referencia la topología de instalación en la que los cables estarán enterrados bajo tubo y a 1 metro de profundidad desde el CT-SAT hasta su correspondiente cuadro de alimentación de SS.AA, por lo

que se deberán aplicar una serie de factores de corrección. En primer lugar un factor de corrección de 0,8 para cables entubados o canalizados bajo falso suelo y, por otro lado, un factor de 0,9 si existen más de una terna de cables unipolares en paralelo en la instalación por posibles desequilibrios en el reparto proporcional de la intensidad nominal.

Se considerará adicionalmente, un factor de corrección debido a la variabilidad de temperatura del terreno en función de la temperatura del aire. Suponiendo que la conductividad térmica del terreno permanezca invariable se considerará que la temperatura del terreno será 15°C, 25°C y 10°C para las tres temperaturas respectivas de estudio, 17,7°C, 35°C y -5°C, se representará tan sólo el caso de 35°C que será el más desfavorable. En cualquier caso, en los anexos se muestra el cálculo a las tres temperaturas.

CABLE	Intensidad Nominal ⁽¹⁾	FACTORES DE CORRECCIÓN			TOTAL K ₁ x K ₂ x K ₃	Intensidad Admisible ⁽²⁾
		K ₁	K ₂	K ₃		
S-TG5	620 A	0,9	0,8	1	0,72	446,4 A
S-TG6	620 A	0,9	0,8	1	0,72	446,4 A
EP-CI	705 A	1	0,8	1	0,8	564 A
ES-CI	310 A	1	0,8	1	0,8	248 A
A-TG5	260 A	1	0,8	1	0,8	208 A
A-TG6	260 A	1	0,8	1	0,8	208 A
F-TG5	310 A	0,9	0,8	1	0,72	223,2 A
F-TG6	310 A	1	0,8	1	0,8	248 A
AT-TCA	620 A	0,9	0,8	1	0,72	446,4 A
BT-TCA	610 A	0,9	0,8	1	0,72	223,2 A
FC-CT	260 A	1	0,8	1	0,8	208 A
AC-CT	260 A	1	0,8	1	0,8	208 A
CC-CT's	310 A	1	0,8	1	0,8	248 A

K₁: Factor de corrección por cables en paralelo. En cables que no lleven conductores en paralelo, el factor de corrección es 1.

K₂: Factor de corrección por cables entubados.

K_3 : Factor de corrección por Temperatura de suelo (35°C).

(1): Enterrado a 25 °C

(2): Intensidad máxima admisible, del cable, para las condiciones dadas.

Una vez calculadas la intensidad máxima admisible y las intensidades por cable que circularán en condiciones nominales por los conductores se obtendrán los siguientes factores de carga de los cables:

CABLE	N° cables/fase	Intensidad	Intensidad por cable	Intensidad admisible	Factor de Carga Máximo
S-TG5	2	411,30 A	205,65 A	446,4 A	46,07 %
S-TG6	2	526,45 A	263,23 A	446,4 A	58,97 %
EP-CI	1	260,44 A	260,44 A	564 A	46,18 %
ES-CI	1	124,68 A	124,68 A	248 A	50,27 %
A-TG5	1	9,61 A	9,61 A	208 A	4,62 %
A-TG6	1	10,66 A	10,66 A	208 A	5,13 %
F-TG5	2	234,00 A	117 A	223,2 A	52,42 %
F-TG6	1	234,00 A	234,00 A	248 A	94,35 %
AT-TCA	2	668,5 A	334,26 A	446,4 A	74,88 %
BT-TCA	3	668,5 A	222,84 A	223,2 A	99,84 %
FC-CT	1	69,26 A	69,26 A	208 A	33,30 %
AC-CT	1	9,68 A	9,68 A	208 A	4,65 %
CC-CT's	1	16,58 A	16,58 A	248 A	6,02 %

Dado que ningún factor de carga supera el 100%, en las distintas condiciones de servicio y una vez aplicado los factores de corrección, se puede concluir que el cable, concreto según servicio, cumple el criterio según intensidad máxima admisible.

4.2. Dimensionamiento del cable por intensidad de cortocircuito

Para que el cable cumpla con éste criterio, la intensidad de cortocircuito que soporte el cable deberá ser superior la máxima estimada determinada en el apartado 3.1. La

intensidad de cortocircuito máxima soportada por el cable se calculará de la siguiente forma según UNE 20-435-90/2:

$$I_{CC} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} (*)$$

(*) $K_{Cu}=142$, $t=0,5$ s

CABLE	Sección (S)	Icc máxima en el cable	Icc máxima admisible en cable
S-TG5	300 mm ²	60 kA	60,25 kA
S-TG6	300 mm ²	60 kA	60,25 kA
EP-CI	400 mm ²	60 kA	80,33 kA
ES-CI	95 mm ²	13,2 kA	19,08 kA
A-TG5	70 mm ²	13,2 kA	14,06 kA
A-TG6	70 mm ²	13,2 kA	14,06 kA
F-TG5	95 mm ²	13,2 kA	19,08 kA
F-TG6	95 mm ²	13,2 kA	19,08 kA
AT-TCA	300 mm ²	60 kA	60,25 kA
BT-TCA	95 mm ²	13,2 kA	19,08 kA
FC-CT	70 mm ²	13,2 kA	14,06 kA
AC-CT	70 mm ²	13,2 kA	14,06 kA
CC-CT's	95 mm ²	10 kA	19,08 kA

Como se puede observar en la tabla, anterior, las intensidades de cortocircuito soportadas por los cables, son en todos los casos superiores a las máximas estimadas, por lo que todos los cables cumplen el criterio de intensidad de cortocircuito.

4.3. Dimensionamiento por caída de tensión

La caída de tensión en los conductores de BT se calculará multiplicando la intensidad nominal del cable por la longitud del mismo y por un factor que dependerá del cable en cuestión y de su factor de potencia:

$$\Delta U = I \cdot L \cdot K_{\Delta U}$$

Donde:

$$K_{\Delta U}(A/V \cdot Km) = R \cdot \cos\varphi + X \cdot \sen\varphi (*)$$

(*) $K_{\Delta U}(A/V \cdot Km) = R$ en el caso de los cables de CC (CC-CT1 y CC-CT2)

En el caso del cable de alimentación de Equipos Principales de Contra-Incendios, EP-CI, se considerará adicionalmente para efectuar la validación del cable por criterio de caída de tensión, la Intensidad de Arranque del motor principal, pues siendo situaciones excepcionales y de corta duración, dicha intensidad de arranque (del orden, aprox., de $8 \cdot I_n$) puede comprometer el arranque del motor al provocar una caída de tensión, excesiva.

Dicha caída de tensión, no debe ser superior al 10%, en motores de más de 75KW, de acuerdo con los Criterios de Diseño de Sistemas Eléctricos, y así no comprometer el arranque del motor.

Un razonamiento similar, al anterior, será considerado para efectuar la validación de los cables de CC (CC-CT's), puesto que en el arranque de los motores de carga de resortes de los interruptores el consumo de CC es mayor. Dicho pico máximo de consumo es aproximadamente de 24 A, y el cálculo de dicho valor puede comprobarse en el documento: Estudio de Demanda de Servicios de Corriente Continua en el CT-SAT.

En el caso concreto de los cables de continua al tratarse de conductores que alimentan a circuitos de distribución, su caída de tensión no será superior al 3%, de acuerdo con lo establecido en los Criterios de Diseño de los Sistemas Eléctricos.

De ésta forma, las caídas de tensión de los cables del CT-SAT serán:

-CABLE	KΔU (cos φ=0,8)	Intensidad por cable	Longitud de tendido	Caída de tensión (absoluta/porcentual)	
S-TG5	0,19	205,65 A	195 m	7,62 V	1,90 %
S-TG6	0,19	263,23 A	55 m	2,75 V	0,69 %
EP-CI ⁽¹⁾	0,17	260,44 A	155 m	6,86 V	1,72 %
EP-CI ⁽²⁾	0,17	1.397,80 A	155 m	36,83 V	9,21 %
ES-CI	0,35	124,68 A	155 m	6,76 V	1,69 %
A-TG5	0,56	9,61 A	175 m	0,94 V	0,24 %
A-TG6	0,56	10,66 A	40 m	0,24 V	0,06 %
F-TG5	0,35	117 A	175 m	7,17 V	1,79 %
F-TG6	0,35	234,00 A	40 m	3,28 V	0,82 %
AT-TCA	0,19	334,26 A	20 m	1,27 V	0,32 %
BT-TCA	0,35	222,84 A	20 m	1,56 V	0,39 %
FC-CT	0,56	69,26 A	15 m	0,58 V	0,15 %
AC-CT	0,56	9,68 A	15 m	0,08 V	0,02 %
CC-CT's ⁽¹⁾	0,43	16,58 A	270 m	1,93 V	1,54 %
CC-CT's ⁽²⁾	0,43	24 A	270 m	2,79 V	2,23 %

(1) En funcionamiento normal

(2) En arranque

No se ha considerado la variación de la resistencia del conductor con la temperatura ya que se mantiene prácticamente constante en los rangos de temperatura estudiados.

Según los criterios de diseño la caída de tensión máxima que presente una alimentación de BT desde un CCM, o cuadro de distribución primaria, no deberá superar el 2,5% hasta el consumidor final, como criterio de validación.

Así mismo, como se especificó anteriormente, en el caso del cable EP-CI, se verifica que en condiciones de arranque del motor (bomba) principal de Contra-Incendios, la caída de tensión que se produce es inferior al 10% y en los cables de CC la caída de

tensión, en condiciones de arranque de los motores de Interruptores de bastidor abierto, es inferior al 3%.

5. CONCLUSIONES

Una vez verificadas el cumplimiento de las tres condiciones para la selección de cables: carga máxima, cortocircuito y caída de tensión, puede concluirse que los cables seleccionados son válidos para su propósito.

5.1. REAPROVECHAMIENTO DE CABLES

Dado que una vez que se vayan alimentar los distintos Servicios Auxiliares de las turbinas, los cables existentes se dejaran de utilizar, cabe la posibilidad de reaprovechar esos cables con el fin de optimizar económicamente el suministro para el proyecto. De ésta forma los posibles cables que se pueden reutilizar con los posibles usos son los siguientes:

CABLE	COMPOSICIÓN	LONGITUD	VALIDO	NUEVO USO
Antiguo S-TG5	3x1x300 mm ²	160 m	SI	S-TG6
Antiguo A-TG5	3,5x35 mm ²	135 m	NO	-
Antiguo F-TG5	3,5x35 mm ²	135 m	NO	-
Antiguo S-TG6	2x[3x(1x400)] mm ²	230 m	SI	EP-CI
Antiguo A-TG6	3,5x35 mm ²	230 m	NO	-
Antiguo F-TG6	3,5x70 mm ²	230 m	SI	A-TG5

**ANEXO I: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS DE
BT DEL CT-SAT AL CUADRO CBT-TG5 (Instalación
enterrada bajo tubo)
(S-TG5)**

CÁLCULO DEL CABLE DE STANDBY DESDE EL CT-SAT AL CBT-TG5

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	246,10	246,10	246,10	kVA	
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	U _o	0,60			KV	Característica U _o /U
	U	1,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible

Longitud	L	195,00	195,00	195,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	I _{cc}	60,00	60,00	60,00	kA	Valor máximo estimado en Cabinas de BT
Intensidad	I	373,91	373,91	373,91	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	I _s	411,30	411,30	411,30	A	

Características del cable (XPLE)						
Sección	S	300	300	300	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	620	620	620	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	I _m	620	620	620	A	
Número de cables por fase	n	2	2	2		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	I _c	205,65	205,65	205,65	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	0,9	0,9	0,9		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	I _m	558,00	558,00	558,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	I _m	446,4	446,4	446,4	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	I _m	477,648	446,4	495,504	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	33,17	33,17	33,17	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	36,85	36,85	36,85	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	46,07	46,07	46,07	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	43,05	46,07	41,50	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Calculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		600,00			mm2	
Longitud de tendido		195,00	195,00	195,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		2	2	2		
Longitud TOTAL		1170	1170	1170	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi del conjunto
Coefficiente caída		0,19	0,19	0,19		
Longitud TOTAL		195,00	195,00	195,00	mts.	

Caida de tensión

Caida de tensión	ΔU	7,62	7,62	7,62	V	$\Delta U = LxI \times K$
Caida porcentual	ΔU	1,90	1,90	1,90	%	Caida de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica	Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
--------------------	-----------------	---------------	---------------	--------	---------------

Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc

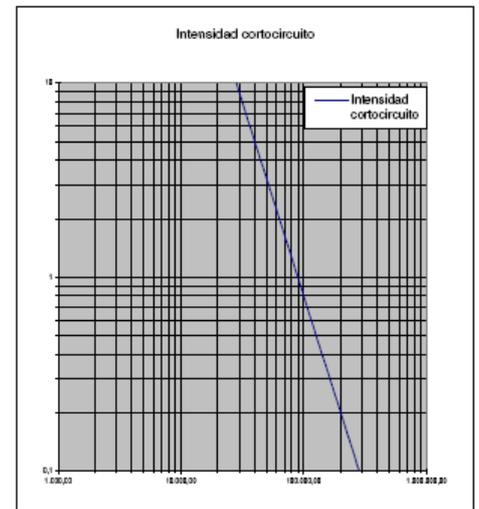
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	I _{cc}	30,00	30,00	30,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		60,25	60,25	60,25	kA	
Tiempo maximo falta soportado		2,02	2,02	2,02	s	

Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable

Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable válido
Intensidad cc	I _{cc}	60,00	60,00	60,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		60,25	60,25	60,25	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,50	0,50	0,50	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones
Seccion	300	mm ²	
Designación tipo cable	RV-K		
Tens. Normaliz. U ₀ /U	0,6/1	KV	
Material conductor	Cobre		
Fabricante	PIRELLI		
Designación comercial	RETANAX FLEXI		
Diametro conductor	19,54	mm.	
Diametro exterior aprox.	29,5	mm.	
Coefficiente caida	0,19		
Regimen neutro	Impedante		
Tensión normalizada	0,6/1	kV.	
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.	
# durante 0,1 seg	0,1	282.897,36	kA.
# durante 0,2 seg	0,2	200.038,64	kA.
# durante 0,3 seg	0,3	163.330,87	kA.
# durante 0,5 seg	0,5	126.515,55	kA.
# durante 1 seg	1	89.460,00	kA.
# durante 2 seg	2	63.257,77	kA.
# durante 3 seg	3	51.649,76	kA.
# durante 5 seg	5	40.007,73	kA.
# durante 10 seg	10	28.289,74	kA.
Peso aproximado	3.063,00	Kg/m.	
Radio mínimo curvatura	177,00	mm.	
Intensidad Admisible	620,00	A	



**ANEXO II: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS DE
BT DEL CT-SAT AL CUADRO CBT-TG6 (Instalación
enterrada bajo tubo)
(S-TG6)**

CÁLCULO DEL CABLE DE STANDBY DESDE EL CT-SAT AL CBT-TG6

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	315,0	315,0	315,0	kVA	
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	
2 - Cálculo del cable por intensidad admisible						
Longitud	L	55,00	55,00	55,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	60,00	60,00	60,00	kA	Valor máximo estimado en Cabinas de BT
Intensidad	I	478,59	478,59	478,59	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	526,45	526,45	526,45	A	

Características del cable (XPLE)						
Sección	S	300	300	300	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	620	620	620	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	Im	620	620	620	A	
Número de cables por fase	n	2	2	2		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	263,23	263,23	263,23	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	0,9	0,9	0,9		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	558,00	558,00	558,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	446,4	446,4	446,4	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	477,648	446,4	495,504	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	42,46	42,46	42,46	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	47,17	47,17	47,17	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	58,97	58,97	58,97	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	55,11	58,97	53,12	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Cálculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Sección Total		600,00			mm ²	
Longitud de tendido		55,00	55,00	55,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		2	2	2		
Longitud TOTAL		330	330	330	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,19	0,19	0,19		
Longitud TOTAL		55,00	55,00	55,00	mts.	

Caida de tensión						
Caida de tensión	ΔU	2,75	2,75	2,75	V	$\Delta U = L \cdot I \cdot m \cdot K$
Caida porcentual	ΔU	0,69	0,69	0,69	%	Caida de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	I _{cc}	30,00	30,00	30,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		60,25	60,25	60,25	kA	
Tiempo máximo falta soportado		2,02	2,02	2,02	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	I _{cc}	60,00	60,00	60,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		60,25	60,25	60,25	kA	
Tiempo máximo falta soportado		0,50	0,50	0,50	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones	
Sección	300	mm ²		
Designación tipo cable	RV-K			
Tens. Normaliz. U ₀ /U	0,6/1	kV		
Material conductor	Cobre			
Fabricante	PIRELLI			
Designación comercial	RETANAX FLEX			
Diametro conductor	19,54	mm.		
Diametro exterior aprox.	29,5	mm.		
Coefficiente caida	0,19			
Regimen neutro	Impedante			
Tensión normalizada	0,6/1	kV.		
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.		
# durante 0,1 seg	0,1	134.713,03		A
# durante 0,2 seg	0,2	95.256,50		A
# durante 0,3 seg	0,3	77.776,60	A	
# durante 0,5 seg	0,5	60.245,50	A	
# durante 1 seg	1	42.600,00	A	
# durante 2 seg	2	30.122,75	A	
# durante 3 seg	3	24.595,12	A	
# durante 5 seg	5	19.051,30	A	
# durante 10 seg	10	13.471,30	A	
Peso aproximado	3.063,00	Kg/m.		
Radio mínimo curvatura	177,00	mm.		
Intensidad Admisible	620,00	A		

**ANEXO III: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS DE
BT DEL CT-SAT AL CUADRO DE ALIMENTACIONES DE
EQUIPOS PRINCIPALES DE CONTRA-INCENDIOS
(Instalación enterrada bajo tubo)
(EP-CI)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES DE CONTRAINCENDIOS
(Considerando I_{arranque}=8·I_n)

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	155,8	155,8	155,8	kVA	
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	U _o	0,60			KV	Característica U _o /U
	U	1,00			KV	
2 - Cálculo del cable por intensidad admisible						
Longitud	L	155,00	155,00	155,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	I _{cc}	60,00	60,00	60,00	kA	Valor máximo estimado en Cabinas de BT
Intensidad	I	236,71	236,71	236,71	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	I _s	260,38	260,38	260,38	A	

Características del cable (XPLE)						
Sección	S	400	400	400	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	705	705	705	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	I _m	705	705	705	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	I _c	260,38	260,38	260,38	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	I _m	705,00	705,00	705,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	I _m	564	564	564	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	I _m	603,48	564	626,04	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	36,93	36,93	36,93	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	36,93	36,93	36,93	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	46,17	46,17	46,17	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	43,15	46,17	41,59	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Calculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		400,00			mm2	
Longitud de tendido		155,00	155,00	155,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		155	155	155	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

4.1 Cálculo de caída de tensión en CONDICIONES NOMINALES de funcionamiento.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,17	0,17	0,17		
Longitud TOTAL		155,00	155,00	155,00	mts.	
<i>Caída de tensión</i>						
Caída de tensión	ΔU	6,86	6,86	6,86	V	ΔU = LxI ² xK
Caída porcentual	ΔU	1,72	1,72	1,72	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

4.2 Cálculo de caída de tensión en CONDICIONES de ARRANQUE

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Potencia Equipo	P	92	92	92	kW	Consumo(Bomba principal de CI)
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Intensidad	I	174,72	174,72	174,72	A	[I=P/(√3xUxcosφ)](Nominal)
Intensidad de Arranque	Ia	1.397,80	1.397,80	1.397,80	A	8 veces la nominal
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,17	0,17	0,17		
Longitud TOTAL		155,00	155,00	155,00	mts.	
<i>Caída de tensión</i>						
Caída de tensión	ΔU	36,83	36,83	36,83	V	ΔU = LxI ² xK
Caída porcentual	ΔU	9,21	9,21	9,21	%	Caída de tensión admisible en arranque. Válido

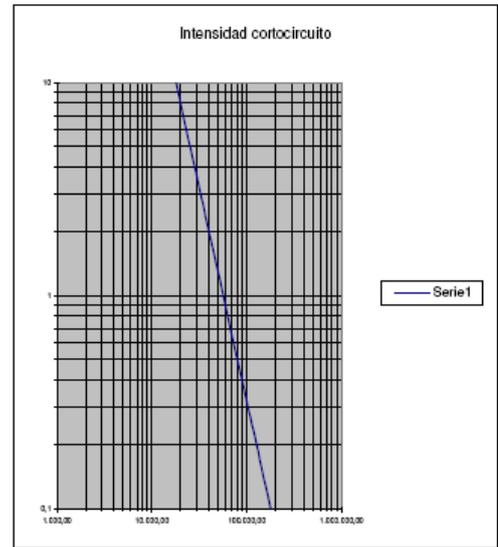
5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	I _{cc}	60,00	60,00	60,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		80,33	80,33	80,33	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,90	0,90	0,90	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado.Cable Válido.
Intensidad cc	I _{cc}	60,00	60,00	60,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		80,33	80,33	80,33	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,90	0,90	0,90	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad
Seccion	400	mm ²
Designación tipo cable	RV-K	
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	KV
Material conductor	Cobre	
Fabricante	PIRELLI	
Designación comercial	RETANAX FLEX	
Diametro conductor	22,57	mm.
Diametro exterior aprox.	35	mm.
Coefficiente caida	0,17	
Regimen neutro	Impedante	
Tensión normalizada	0,6/1	kV.
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.
# durante 0,1 seg	0,1	179.617,37 A
# durante 0,2 seg	0,2	127.008,66 A
# durante 0,3 seg	0,3	103.702,14 A
# durante 0,5 seg	0,5	80.327,33 A
# durante 1 seg	1	56.800,00 A
# durante 2 seg	2	40.163,67 A
# durante 3 seg	3	32.793,50 A
# durante 5 seg	5	25.401,73 A
# durante 10 seg	10	17.961,74 A
Peso aproximado	3.063,00	Kg/m.
Radio minimo curvatura	210,00	mm.
Intensidad Admisible	705,00	A

Observaciones



**ANEXO IV: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE
FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO DE
ALIMENTACIONES DE EQUIPOS SECUNDARIOS DE
CONTRA-INCENDIOS (Instalación enterrada bajo tubo)
(ES-CI)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE EQUIPOS SECUNDARIOS DE CONTRAINCENDIOS

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras subdistribución de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	74,6	74,6	74,6	kVA	
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible

Longitud	L	155,00	155,00	155,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	113,34	113,34	113,34	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	124,68	124,68	124,68	A	

Características del cable (XPLE)

Sección	S	95	95	95	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	310	310	310	A	Termica, admisible en permanencia

Intensidades de circulación

Intensidad máxima	Im	310	310	310	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados De servicio
Intensidad por cable	Ic	124,68	124,68	124,68	A	
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	310,00	310,00	310,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	248	248	248	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	265,36	248	275,28	A	

Factores de carga del cable

Factor de carga mínimo	C	40,22	40,22	40,22	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	40,22	40,22	40,22	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	50,27	50,27	50,27	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	46,98	50,27	45,29	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Cálculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Sección Total		95,00			mm ²	
Longitud de tendido		155,00	155,00	155,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		155	155	155	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,42	0,42	0,42		
Longitud TOTAL		155,00	155,00	155,00	mts.	

Caida de tensión

Caida de tensión	ΔU	8,12	8,12	8,12	V	$\Delta U = L \cdot I \cdot n \cdot K$
Caida porcentual	ΔU	2,03	2,03	2,03	%	Caida de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	I _{cc}	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo máximo falta soportado		1,04	1,04	1,04	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	I _{cc}	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo máximo falta soportado		1,04	1,04	1,04	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones
Sección	95	mm ²	
Designación tipo cable	RV-K		
Tens. Normaliz. U ₀ /U	0,6/1	kV	
Material conductor	Cobre		
Fabricante	PIRELLI		
Designación comercial	RETANAX FLEX		
Diametro conductor	11,00	mm.	
Diametro exterior aprox.	38,7	mm.	
Coefficiente caida	0,42		
Regimen neutro	Impedante		
Tensión normalizada	0,6/1	kV.	
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.	
# durante 0,1 seg	0,1	42.659,13 A	
# durante 0,2 seg	0,2	30.164,56 A	
# durante 0,3 seg	0,3	24.629,26 A	
# durante 0,5 seg	0,5	19.077,74 A	
# durante 1 seg	1	13.490,00 A	
# durante 2 seg	2	9.538,87 A	
# durante 3 seg	3	7.788,46 A	
# durante 5 seg	5	6.032,91 A	
# durante 10 seg	10	4.265,91 A	
Peso aproximado	3.809,00	Kg/m.	
Radio mínimo curvatura	232,20	mm.	
Intensidad Admisible	310,00	A	

**ANEXO V: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE
FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO CA-
TG5 (Instalación enterrada bajo tubo)
(A-TG5)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE ALUMBRADO DESDE EL CT-SAT AL CA-TG5

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras subdistribución de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	P	5,750	5,750	5,750	kVA	
Factor de potencia	FP	0,60	0,60	0,60		cos phi
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible

Longitud	L	175,00	175,00	175,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	8,74	8,74	8,74	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	9,61	9,61	9,61	A	

Características del cable (XPLE)

Sección	S	70	70	70	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	260	260	260	A	Termica, admisible en permanencia

Intensidades de circulación

Intensidad máxima	Im	260	260	260	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	9,61	9,61	9,61	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	260,00	260,00	260,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	208	208	208	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	222,56	208	230,88	A	

Factores de carga del cable

Factor de carga mínimo	C	3,70	3,70	3,70	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	3,70	3,70	3,70	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	4,62	4,62	4,62	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	4,32	4,62	4,16	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Calculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		70,00			mm2	
Longitud de tendido		175,00	175,00	175,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		525	525	525	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,60	0,60	0,60		cos phi del conjunto
Coefficiente caída		0,56	0,56	0,56		
Longitud TOTAL		175,00	175,00	175,00	mts.	

<i>Caida de tensión</i>						
Caida de tensión	ΔU	0,94	0,94	0,94	V	$\Delta U = L \cdot I \cdot m \cdot K$
Caida porcentual	ΔU	0,24	0,24	0,24	%	Caida de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones	
Seccion	70	mm ²		
Designación tipo cable	RV-K			
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	KV		
Material conductor	Cobre			
Fabricante	PIRELLI			
Designación comercial	RETANAX FLEX			
Diametro conductor	9,44	mm.		
Diametro exterior aprox.	34	mm.		
Coefficiente caida	0,56			
Regimen neutro	Impedante			
Tensión normalizada	0,6/1	kV.		
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.		
# durante 0,1 seg	0,1	282.897,36		kA.
# durante 0,2 seg	0,2	200.038,64		kA.
# durante 0,3 seg	0,3	163.330,87		kA.
# durante 0,5 seg	0,5	126.515,55	kA.	
# durante 1 seg	1	89.460,00	kA.	
# durante 2 seg	2	63.257,77	kA.	
# durante 3 seg	3	51.649,76	kA.	
# durante 5 seg	5	40.007,73	kA.	
# durante 10 seg	10	28.289,74	kA.	
Peso aproximado	2.879,00	Kg/Km.		
Radio mínimo curvatura	204,00	mm.		
Intensidad Admisible	260,00	A		

**ANEXO VI: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO DE
FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT, AL CUADRO CA-
TG6 (Instalación enterrada bajo tubo)
(A-TG6)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE ALUMBRADO DESDE EL CT-SAT AL CA-TG6

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras subdistribución de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	P	6,380	6,380	6,380	kVA	
Factor de potencia	FP	0,60	0,60	0,60		cos phi
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible

Longitud	L	40,00	40,00	40,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	9,69	9,69	9,69	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	10,66	10,66	10,66	A	

Características del cable (XPLE)

Sección	S	70	70	70	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	260	260	260	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	Im	260	260	260	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	10,66	10,66	10,66	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	260,00	260,00	260,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	208	208	208	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	222,56	208	230,88	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	4,10	4,10	4,10	%	Cable válido Sobre Int. termica max admisible
Factor de carga	C	4,10	4,10	4,10	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	5,13	5,13	5,13	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	4,79	5,13	4,62	%	Cable válido Sobre Int. termica max final

3 - Calculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		70,00			mm2	
Longitud de tendido		40,00	40,00	40,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		120	120	120	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,60	0,60	0,60		cos phi del conjunto
Coefficiente caída		0,56	0,56	0,56		
Longitud TOTAL		40,00	40,00	40,00	mts.	

Caida de tensión

Caida de tensión	ΔU	0,24	0,24	0,24	V	$\Delta U = LxI \ln xK$
Caida porcentual	ΔU	0,06	0,06	0,06	%	Caida de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica	Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
--------------------	-----------------	---------------	---------------	--------	---------------

Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc

Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	

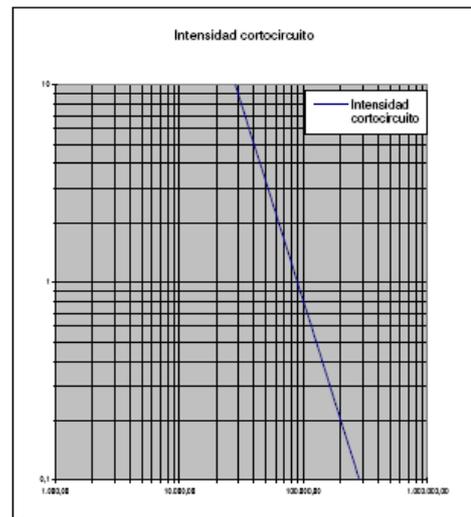
Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable

Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado.Cable Válido.
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica	Unidad	Observaciones
--------------------	--------	---------------

Seccion	70	mm ²
Designación tipo cable	RV-K	
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	KV
Material conductor	Cobre	
Fabricante	PIRELLI	
Designación comercial	RETANAX FLEX	
Diametro conductor	9,44	mm.
Diametro exterior aprox.	34	mm.
Coefficiente caida	0,56	
Regimen neutro	Impedante	
Tensión normalizada	0,6/1	kV.
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.
# durante 0,1 seg	0,1	282.897,36
# durante 0,2 seg	0,2	200.038,64
# durante 0,3 seg	0,3	163.330,87
# durante 0,5 seg	0,5	126.515,55
# durante 1 seg	1	89.460,00
# durante 2 seg	2	63.257,77
# durante 3 seg	3	51.649,76
# durante 5 seg	5	40.007,73
# durante 10 seg	10	28.289,74
Peso aproximado	2.879,00	Kg/Km.
Radio minimo curvatura	204,00	mm.
Intensidad Admisible	260,00	A



**ANEXO VII: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO
DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO
CF-TG5 (Instalación enterrada bajo tubo)
(F-TG5)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE FUERZA DESDE EL CT-SAT AL CF-TG5

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras subdistribución de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	P	140,010	140,010	140,010	kVA	
Factor de potencia	FP	0,75	0,75	0,75		cos phi(estimado)
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	
2 - Cálculo del cable por intensidad admisible						
Longitud	L	175,00	175,00	175,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	212,72	212,72	212,72	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	234,00	234,00	234,00	A	

Características del cable (XPLE)						
Sección	S	95	95	95	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	310	310	310	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	Im	310	310	310	A	
Número de cables por fase	n	2	2	2		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	117,00	117,00	117,00	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	0,9	0,9	0,9		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	279,00	279,00	279,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	223,2	223,2	223,2	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	238,824	223,2	247,752	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	37,74	37,74	37,74	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	41,93	41,93	41,93	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	52,42	52,42	52,42	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	48,99	52,42	47,22	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Cálculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		190,00			mm2	
Longitud de tendido		175,00	175,00	175,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		2	2	2		
Longitud TOTAL		1050	1050	1050	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,75	0,75	0,75		cos phi del conjunto
Coefficiente caída		0,42	0,42	0,42		
Longitud TOTAL		175,00	175,00	175,00	mts.	

Caída de tensión

Caída de tensión	ΔU	8,60	8,60	8,60	V	$\Delta U = L \cdot I \cdot n \cdot K$
Caída porcentual	ΔU	2,15	2,15	2,15	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica	Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
--------------------	-----------------	---------------	---------------	--------	---------------

Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc

Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	lcc	6,60	6,60	6,60	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo maximo falta soportado		4,18	4,18	4,18	s	

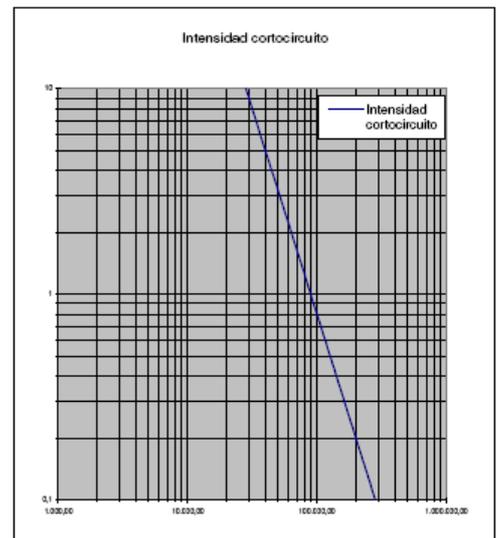
Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable

Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo maximo falta soportado		1,04	1,04	1,04	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica	Unidad	Observaciones
--------------------	--------	---------------

Seccion	95	mm ²
Designación tipo cable	RV-K	
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	KV
Material conductor	Cobre	
Fabricante	PIRELLI	
Designación comercial	RETANAX FLEX	
Diametro conductor	11,00	mm.
Diametro exterior aprox.	38,7	mm.
Coefficiente caída	0,42	
Regimen neutro	Impedante	
Tensión normalizada	0,6/1	kV.
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.
# durante 0,1 seg	0,1	282.897,36 kA.
# durante 0,2 seg	0,2	200.038,64 kA.
# durante 0,3 seg	0,3	163.330,87 kA.
# durante 0,5 seg	0,5	126.515,55 kA.
# durante 1 seg	1	89.460,00 kA.
# durante 2 seg	2	63.257,77 kA.
# durante 3 seg	3	51.649,76 kA.
# durante 5 seg	5	40.007,73 kA.
# durante 10 seg	10	28.289,74 kA.
Peso aproximado	3.809,00	Kg/Km.
Radio minimo curvatura	232,20	mm.
Intensidad Admisible	310,00	A



**ANEXO VIII: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CUADRO
DE FUERZA Y ALUMBRADO EL CT-SAT AL CUADRO
CF-TG6 (Instalación enterrada bajo tubo)
(F-TG6)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE FUERZA DESDE EL CT-SAT AL CF-TG6

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras subdistribución de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	P	140,010	140,010	140,010	kVA	
Factor de potencia	FP	0,75	0,75	0,75		cos phi(estimado)
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible

Longitud	L	40,00	40,00	40,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	212,72	212,72	212,72	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	234,00	234,00	234,00	A	

Características del cable (XPLE)						
Sección	S	95	95	95	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	310	310	310	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	Im	310	310	310	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	234,00	234,00	234,00	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	310,00	310,00	310,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	248	248	248	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	265,36	248	275,28	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	75,48	75,48	75,48	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	75,48	75,48	75,48	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	94,35	94,35	94,35	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	88,18	94,35	85,00	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Calculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		95,00			mm2	
Longitud de tendido		40,00	40,00	40,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		120	120	120	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,75	0,75	0,75		cos phi del conjunto
Coefficiente caída		0,42	0,42	0,42		
Longitud TOTAL		40,00	40,00	40,00	mts.	

Caída de tensión

Caída de tensión	ΔU	3,93	3,93	3,93	V	$\Delta U = LxI \times K$
Caída porcentual	ΔU	0,98	0,98	0,98	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,2 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	I _{cc}	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo maximo falta soportado		1,04	1,04	1,04	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	I _{cc}	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo maximo falta soportado		1,04	1,04	1,04	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones	
Seccion	95	mm ²		
Designación tipo cable	RV-K			
Tens. Normaliz. U _o /U	0,6/1	kV		
Material conductor	Cobre			
Fabricante	PIRELLI			
Designación comercial	RETANAX FLEX			
Diametro conductor	11,00	mm.		
Diametro exterior aprox.	38,7	mm.		
Coefficiente caída	0,42			
Regimen neutro	Impedante			
Tensión normalizada	0,6/1	kV.		
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.		
# durante 0,1 seg	0,1	282.897,36		kA.
# durante 0,2 seg	0,2	200.038,64		kA.
# durante 0,3 seg	0,3	163.330,87		kA.
# durante 0,5 seg	0,5	126.515,55		kA.
# durante 1 seg	1	89.460,00		kA.
# durante 2 seg	2	63.257,77	kA.	
# durante 3 seg	3	51.649,76	kA.	
# durante 5 seg	5	40.007,73	kA.	
# durante 10 seg	10	28.289,74	kA.	
Peso aproximado	3.809,00	Kg/Km.		
Radio mínimo curvatura	232,20	mm.		
Intensidad Admisible	310,00	A		

**ANEXO IX: CÁLCULO DEL CABLE DESDE CABINAS BT
DEL CT-SAT AL TRANSFORMADOR DE ALUMBRADO
TCA
(AT-TCA)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DE TRANSFORMADOR TCA

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	400,0	400,0	400,0	kVA	
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	U ₀	0,60			KV	Característica U ₀ /U
	U	1,00			KV	
2 - Cálculo del cable por intensidad admisible						
Longitud	L	20,00	20,00	20,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	I _{cc}	60,00	60,00	60,00	kA	Valor máximo estimado en Cabinas de BT
Intensidad	I	607,74	607,74	607,74	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	I _s	668,51	668,51	668,51	A	

Características del cable (XPLE)						
Sección	S	300	300	300	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	620	620	620	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	I _m	620	620	620	A	
Número de cables por fase	n	2	2	2		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	I _c	334,26	334,26	334,26	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	0,9	0,9	0,9		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	I _m	558,00	558,00	558,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	I _m	446,4	446,4	446,4	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	I _m	477,648	446,4	495,504	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	53,91	53,91	53,91	%	Cable válido Sobre Int. termica max admisible
Factor de carga	C	59,90	59,90	59,90	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	74,88	74,88	74,88	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	69,98	74,88	67,46	%	Cable válido Sobre Int. termica max final

3 - Cálculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Sección Total		600,00			mm ²	
Longitud de tendido		20,00	20,00	20,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		2	2	2		
Longitud TOTAL		120	120	120	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,19	0,19	0,19		
Longitud TOTAL		20,00	20,00	20,00	mts.	

Caida de tensión

Caida de tensión	ΔU	1,27	1,27	1,27	V	$\Delta U = LxI \ln xK$
Caida porcentual	ΔU	0,32	0,32	0,32	%	Caida de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica	Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
--------------------	-----------------	---------------	---------------	--------	---------------

Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc

Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	Icc	30,00	30,00	30,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		60,25	60,25	60,25	kA	
Tiempo máximo falta soportado		2,02	2,02	2,02	s	

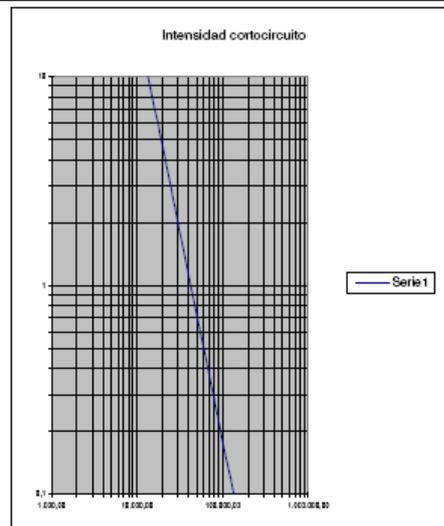
Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable

Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	Icc	60,00	60,00	60,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		60,25	60,25	60,25	kA	
Tiempo máximo falta soportado		0,50	0,50	0,50	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica	Unidad	Observaciones
--------------------	--------	---------------

Seccion	300	mm ²
Designación tipo cable	FV-K	
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	KV
Material conductor	Cobre	
Fabricante	PIRELLI	
Designación comercial	RETANAX FLEX	
Diametro conductor	19,54	mm.
Diametro exterior aprox.	29,5	mm.
Coefficiente caida	0,19	
Regimen neutro	Impedante	
Tensión normalizada	0,6/1	kV.
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.
# durante 0,1 seg	0,1	134.713,03 A
# durante 0,2 seg	0,2	95.256,50 A
# durante 0,3 seg	0,3	77.776,60 A
# durante 0,5 seg	0,5	60.245,50 A
# durante 1 seg	1	42.600,00 A
# durante 2 seg	2	30.122,75 A
# durante 3 seg	3	24.595,12 A
# durante 5 seg	5	19.051,30 A
# durante 10 seg	10	13.471,30 A
Peso aproximado	3.063,00	Kg/m.
Radio mínimo curvatura	177,00	mm.
Intensidad Admisible	620,00	A



**ANEXO X: CÁLCULO DEL CABLE DESDE EL
TRANSFORMADOR DE ALUMBRADO TCA, HASTA
CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT
(BT-TCA)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALIMENTACIÓN DESDE TRANSFORMADOR TCA HASTA CFA-CT

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	400,0	400,0	400,0	kVA	
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	U _o	0,60			KV	Característica U _o /U
	U	1,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible						
Longitud	L	20,00	20,00	20,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	I _{cc}	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	607,74	607,74	607,74	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	I _s	668,51	668,51	668,51	A	

<i>Características del cable (XPLE)</i>						
Sección	S	95	95	95	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	310	310	310	A	Termica, admisible en permanencia
<i>Intensidades de circulación</i>						
Intensidad máxima	I _m	310	310	310	A	
Número de cables por fase	n	3	3	3		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	I _c	222,84	222,84	222,84	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	0,9	0,9	0,9		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	I _m	279,00	279,00	279,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	I _m	223,2	223,2	223,2	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	I _m	238,824	223,2	247,752	A	
<i>Factores de carga del cable</i>						
Factor de carga mínimo	C	71,88	71,88	71,88	%	Cable válido Sobre Int. termica max admisible
Factor de carga	C	79,87	79,87	79,87	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	99,84	99,84	99,84	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	93,31	99,84	89,94	%	Cable válido Sobre Int. termica max final

3 - Cálculo de longitud del cable.						
Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		285,00			mm ²	
Longitud de tendido		20,00	20,00	20,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		3	3	3		
Longitud TOTAL		180	180	180	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia						
Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,80	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,42	0,42	0,42		
Longitud TOTAL		20,00	20,00	20,00	mts.	
<i>Caída de tensión</i>						
Caída de tensión	ΔU	1,87	1,87	1,87	V	ΔU = LxI _m xK
Caída porcentual	ΔU	0,47	0,47	0,47	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

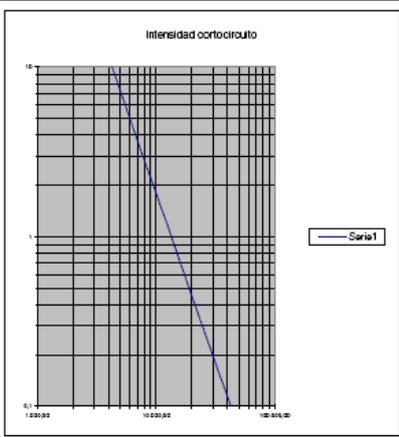
Magnitud Eléctrica	Valor (17.7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>					
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s
Intensidad cc	lcc	4,40	4,40	4,40	kA
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA
Tiempo maximo falta soportado		9,40	9,40	9,40	s
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>					
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA
Tiempo maximo falta soportado		1,04	1,04	1,04	s

$$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$$

Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones
Seccion	95	mm ²	
Designación tipo cable	RV-K		
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	KV	
Material conductor	Cobre		
Fabricante	PIRELLI		
Designación comercial	RETANAX FLEX		
Diametro conductor	11,00	mm.	
Diametro exterior aprox.	39,7	mm.	
Coefficiente caída	0,42		
Regimen neutro	Impedante		
Tensión normalizada	0,6/1	KV.	
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	KV.	
# durante 0,1 seg	0,1	42.659,13	A
# durante 0,2 seg	0,2	30.164,56	A
# durante 0,3 seg	0,3	24.629,26	A
# durante 0,5 seg	0,5	19.077,74	A
# durante 1 seg	1	13.490,00	A
# durante 2 seg	2	9.538,87	A
# durante 3 seg	3	7.788,46	A
# durante 5 seg	5	6.032,91	A
# durante 10 seg	10	4.265,91	A
Peso aproximado	3.809,00	Kg/m.	
Radio minimo curvatura	232,20	mm.	
Intensidad Admisible	310,00	A	



**ANEXO XI: CÁLCULO DEL CABLE DESDE EL CUADRO
DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL CUADRO
DE SERVICIOS INTERIORES DE CA PARA
DISTRIBUCIÓN DE FUERZA INTERIOR
(FC-CT)**

CÁLCULO DEL CABLE DE FUERZA INTERIOR DE CASETA

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	41,44	41,4	41,4	kVA	
Factor de potencia	FP	0,75	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	

2 - Cálculo del cable por intensidad admisible

Longitud	L	15,00	15,00	15,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	62,96	62,96	62,96	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	69,26	69,26	69,26	A	

<i>Características del cable (XPLE)</i>						
Sección	S	70	70	70	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	260	260	260	A	Termica, admisible en permanencia
<i>Intensidades de circulación</i>						
Intensidad máxima	Im	260	260	260	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	69,26	69,26	69,26	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	260,00	260,00	260,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	208	208	208	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	222,56	208	230,88	A	
<i>Factores de carga del cable</i>						
Factor de carga mínimo	C	26,64	26,64	26,64	%	Cable válido Sobre Int. termica max admisible
Factor de carga	C	26,64	26,64	26,64	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	33,30	33,30	33,30	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	31,12	33,30	30,00	%	Cable válido Sobre Int. termica max final

3 - Calculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		70,00			mm2	
Longitud de tendido		15,00	15,00	15,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		15	15	15	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,75	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,56	0,56	0,56		
Longitud TOTAL		15,00	15,00	15,00	mts.	
<i>Caída de tensión</i>						
Caída de tensión	ΔU	0,58	0,58	0,58	V	ΔU = LxI ² xK
Caída porcentual	ΔU	0,15	0,15	0,15	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones	
Sección	70	mm ²		
Designación tipo cable	RV-K			
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	kV		
Material conductor	Cobre			
Fabricante	PIRELLI			
Designación comercial	RETANAX FLEX			
Diametro conductor	9,44	mm.		
Diametro exterior aprox.	34	mm.		
Coefficiente caida	0,56			
Regimen neutro	Impedante			
Tensión normalizada	0,6/1	kV.		
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.		
# durante 0,1 seg	0,1	31.433,04		A
# durante 0,2 seg	0,2	22.226,52		A
# durante 0,3 seg	0,3	18.147,87		A
# durante 0,5 seg	0,5	14.057,28		A
# durante 1 seg	1	9.940,00		A
# durante 2 seg	2	7.028,64		A
# durante 3 seg	3	5.738,86		A
# durante 5 seg	5	4.445,30		A
# durante 10 seg	10	3.143,30	A	
Peso aproximado	2.879,00	Kg/m.		
Radio minimo curvatura	204,00	mm.		
Intensidad Admisible	260,00	A		

**ANEXO XII: CÁLCULO DEL CABLE DESDE EL
CUADRO DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT AL
CUADRO DE SERVICIOS INTERIORES DE CA PARA
DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO
(AC-CT)**

CÁLCULO DEL CABLE DE ALUMBRADO DE CASETA

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia Aparente	S	5,79	5,8	5,8	kVA	
Factor de potencia	FP	0,60	0,80	0,80		
Tensión de servicio		400,00	400,00	400,00	V	Tensión compuesta
Tensión de servicio F-N		230,95	230,95	230,95	V	Tensión simple
Tensión de servicio -5%		380,00	380,00	380,00	V	Tensión compuesta
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	
2 - Cálculo del cable por intensidad admisible						
Longitud	L	15,00	15,00	15,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	13,20	13,20	13,20	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	8,80	8,80	8,80	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	9,68	9,68	9,68	A	

<i>Características del cable (XPLE)</i>						
Sección	S	70	70	70	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	260	260	260	A	Termica, admisible en permanencia
<i>Intensidades de circulación</i>						
Intensidad máxima	Im	260	260	260	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	9,68	9,68	9,68	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	260,00	260,00	260,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	208	208	208	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	222,56	208	230,88	A	
<i>Factores de carga del cable</i>						
Factor de carga mínimo	C	3,72	3,72	3,72	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	3,72	3,72	3,72	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	4,65	4,65	4,65	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	4,35	4,65	4,19	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Cálculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		70,00			mm2	
Longitud de tendido		15,00	15,00	15,00	mts.	
Fases		3	3	3		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		15	15	15	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	0,60	0,80	0,80		cos phi de conjunto
Coefficiente caída		0,56	0,56	0,56		
Longitud TOTAL		15,00	15,00	15,00	mts.	
<i>Caída de tensión</i>						
Caída de tensión	ΔU	0,08	0,08	0,08	V	ΔU = LxIxnK
Caída porcentual	ΔU	0,02	0,02	0,02	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	lcc	13,20	13,20	13,20	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		14,06	14,06	14,06	kA	
Tiempo maximo falta soportado		0,57	0,57	0,57	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones
Seccion	70	mm ²	
Designación tipo cable	RV-K		
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	kV	
Material conductor	Cobre		
Fabricante	PIRELLI		
Designación comercial	RETANAX FLEX		
Diametro conductor	9,44	mm.	
Diametro exterior aprox.	34	mm.	
Coefficiente caída	0,56		
Regimen neutro	Impedante		
Tensión normalizada	0,6/1	kV.	
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.	
# durante 0,1 seg	0,1	31.433,04 A	
# durante 0,2 seg	0,2	22.226,52 A	
# durante 0,3 seg	0,3	18.147,87 A	
# durante 0,5 seg	0,5	14.057,28 A	
# durante 1 seg	1	9.940,00 A	
# durante 2 seg	2	7.028,64 A	
# durante 3 seg	3	5.738,86 A	
# durante 5 seg	5	4.445,30 A	
# durante 10 seg	10	3.143,30 A	
Peso aproximado	2.879,00	Kg/m.	
Radio minimo curvatura	204,00	mm.	
Intensidad Admisibile	260,00	A	

**ANEXO XIII: CÁLCULO DE LOS CABLES DESDE EL
CUADRO DE CC DE IBIZA III AL CUADRO DE
DISTRIBUCIÓN DE CC DEL CT-SAT
(CC-CT1 y CC-CT2)**

CÁLCULO DEL CABLE DE CONTINUA (CC-CT1 y CC-CT2)
(larranque: 24 A)

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
1 - Datos de consumo demandado, por servicio, barras principales de 400V en CT-SAT y niveles de aislamiento						
Potencia	P	1,79	1,79	1,79	kW	
Factor de potencia	FP	N/A	N/A	N/A		
Tensión de servicio		125,00	125,00	125,00	Vcc	Tensión continua
Tensión de servicio F-N		N/A	N/A	N/A	V	
Tensión de servicio -5%		118,75	118,75	118,75	Vcc	Tensión continua
Aislamiento escogido	Uo	0,60			KV	Característica Uo /U
	U	1,00			KV	
2 - Cálculo del cable por intensidad admisible						
Longitud	L	270,00	270,00	270,00	m	a confirmar
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	De despeje de falta
Intensidad cc	Icc	10,00	10,00	10,00	kA	Valor máximo estimado
Intensidad	I	15,07	15,07	15,07	A	de servicio de diseño
Sobrecarga		10,00	10,00	10,00	%	
Intensidad sobrec.	Is	16,58	16,58	16,58	A	

Características del cable (XPLE)						
Sección	S	95	95	95	mm ²	
Material conductor		Cobre	Cobre	Cobre		
Densidad	D	310	310	310	A	Termica, admisible en permanencia
Intensidades de circulación						
Intensidad máxima	Im	310	310	310	A	
Número de cables por fase	n	1	1	1		Número de cables en paralelo asignados
Intensidad por cable	Ic	16,58	16,58	16,58	A	De servicio
Fac. correc. cables paralelo	FCP	1	1	1		0,90 Valor unitario corrección
Int. máxima en paralelo	Im	310,00	310,00	310,00	A	
Fac. correc. cables entubados	FCE	0,8	0,8	0,8		
Int. máxima entubados	Im	248	248	248	A	
Temperatura de terreno		15	25	10	°C	
Fac. correc. Por temperatura	FCT	1,07	1,00	1,11		
Intensidad máxima final	Im	265,36	248	275,28	A	
Factores de carga del cable						
Factor de carga mínimo	C	5,35	5,35	5,35	%	Cable válido Sobre Int, termica max admisible
Factor de carga	C	5,35	5,35	5,35	%	Cable válido Sobre Int. max en paralelo
Factor de carga	C	6,69	6,69	6,69	%	Cable válido Sobre Int. max entubados
Factor de carga máximo	C	6,25	6,69	6,02	%	Cable válido Sobre Int, termica max final

3 - Calculo de longitud del cable.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Seccion Total		95,00			mm ²	
Longitud de tendido		270,00	270,00	270,00	mts.	
Fases		N/A	N/A	N/A		
Conductores/Fase		1	1	1		
Longitud TOTAL		270	270	270	mts.	

4 - Cálculo de caída de tensión y pérdidas de potencia

4.1 Cálculo de caída de tensión en CONDICIONES NOMINALES de funcionamiento.

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Factor de potencia	FP	N/A	N/A	N/A		
Coefficiente caída		0,43	0,43	0,43		
Longitud TOTAL		270,00	270,00	270,00	mts.	
<i>Caída de tensión</i>						
Caída de tensión	ΔU	1,93	1,93	1,93	V	$\Delta U = L \cdot I \cdot r \cdot K$
Caída porcentual	ΔU	1,54	1,54	1,54	%	Caída de tensión admisible. Cable válido

4.2 Cálculo de caída de tensión en CONDICIONES de ARRANQUE

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
Potencia Equipo	P	0,53	0,53	0,53	kW	Demanda cc, motores de interruptores
Factor de potencia	FP	N/A	N/A	N/A		
Tensión de servicio		125,00	125,00	125,00	V _{cc}	Tensión continua
Tensión de servicio F-N		N/A	N/A	N/A		
Tensión de servicio -5%		118,75	118,75	118,75	V _{cc}	Tensión continua
Intensidad de Arranque	I _a	24,00	24,00	24,00	A	
Factor de potencia	FP	N/A	N/A	N/A		
Coefficiente caída		0,43	0,43	0,43		
Longitud TOTAL		270,00	270,00	270,00	mts.	
<i>Caída de tensión</i>						
Caída de tensión	ΔU	2,79	2,79	2,79	V	$\Delta U = L \cdot I \cdot r \cdot K$
Caída porcentual	ΔU	2,23	2,23	2,23	%	Caída de tensión admisible en arranque. Válido

5 - Cálculo de tiempo soportado en cortocircuito

Magnitud Eléctrica		Valor (17,7 °C)	Valor (35 °C)	Valor (-5 °C)	Unidad	Observaciones
<i>Caso de que la falta se produzca en un extremo del cable pero no en él, el cable solo conduce la corriente de cc</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	$I \cdot \sqrt{t} = K \cdot S$
Intensidad cc	I _{cc}	10,00	10,00	10,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo máximo falta soportado		1,82	1,82	1,82	s	
<i>Caso de que la falta se produzca en el interior intermedio del cable</i>						
Tiempo en cc	t	0,50	0,50	0,50	s	Valor de cortocircuito soportado. Cable Válido.
Intensidad cc	I _{cc}	10,00	10,00	10,00	kA	
Intensidad sop. 0,5 s		19,08	19,08	19,08	kA	
Tiempo máximo falta soportado		1,82	1,82	1,82	s	

6 - Características del cable

Magnitud Eléctrica		Unidad	Observaciones	
Sección	95	mm ²		
Designación tipo cable	RV-K			
Tens. Normaliz. Uo/U	0,6/1	KV		
Material conductor	Cobre			
Fabricante	PIRELLI			
Designación comercial	RETANAX FLEX			
Diametro conductor	11,00	mm.		
Diametro exterior aprox.	34,1	mm.		
Coefficiente caída	0,43			
Regimen neutro	Impedante			
Tensión normalizada	0,6/1	kV.		
Ensayo tensión a frec. ind.	2,5	kV.		
# durante 0,1 seg	0,1	42.659,13		A
# durante 0,2 seg	0,2	30.164,56		A
# durante 0,3 seg	0,3	24.629,26		A
# durante 0,5 seg	0,5	19.077,74		A
# durante 1 seg	1	13.490,00		A
# durante 2 seg	2	9.538,87		A
# durante 3 seg	3	7.788,46		A
# durante 5 seg	5	6.032,91		A
# durante 10 seg	10	4.265,91		A
Peso aproximado	2.538,00	Kg/m.		
Radio mínimo curvatura	204,60	mm.		
Intensidad Admisible	310,00	A		

ANEXO XIV: CÁLCULO DEL RADIO MÍNIMO DE CURVATURA

Según la normativa UNE 20-435-90/2, se calculará el radio de curvatura mínimo de instalación de los cables de la siguiente forma:

$$R_{\text{curmin}}=6D_{\text{extcable}}$$

Siendo:

CABLE	Tipo de cable	Diámetro exterior	Radio mínimo de curvatura
S-TG5	Unipolar (1x300)	29,5 mm	177 mm
S-TG6	Unipolar (1x300)	29,5 mm	177 mm
EP-CI	Unipolar (1x400)	35 mm	210 mm
ES-CI	Tripolar (3,5x95)	38,7 mm	232,2 mm
A-TG5	Tripolar (3,5x70)	34 mm	204 mm
A-TG6	Tripolar (3,5x70)	34 mm	204 mm
F-TG5	Tripolar (3,5x95)	38,7 mm	232,2 mm
F-TG6	Tripolar (3,5x95)	38,7 mm	232,2 mm
AT-TCA	Unipolar (1x300)	29,5 mm	177 mm
BT-TCA	Tripolar (3,5x95)	38,7mm	232,2 mm
FC-CT	Tripolar (3,5x70)	34 mm	204 mm
AC-CT	Tripolar (3,5x70)	34 mm	204 mm
CC-CT's	Bipolar (2x95)	34,1 mm	204,6 mm

ANEXO XV: JUSTIFICACIÓN DE LA POTENCIA REQUERIDA PARA ALIMENTACIONES DE B.T.

La justificación del consumo demandado por los servicios y alimentaciones de BT puede consultarse en el documento de Estudio de Consumos y Dimensionamiento de Transformadores .

La justificación del consumo demandado por los servicios y alimentaciones de CC puede consultarse en el documento de Estudio de Demanda de Servicios de CC.

ANEXO XVI: PREVISIÓN DE LA CANALIZACIÓN DE LOS CABLES

➤ **Canalización del cable S-TG5**



➤ **Canalización del cable S-TG6**



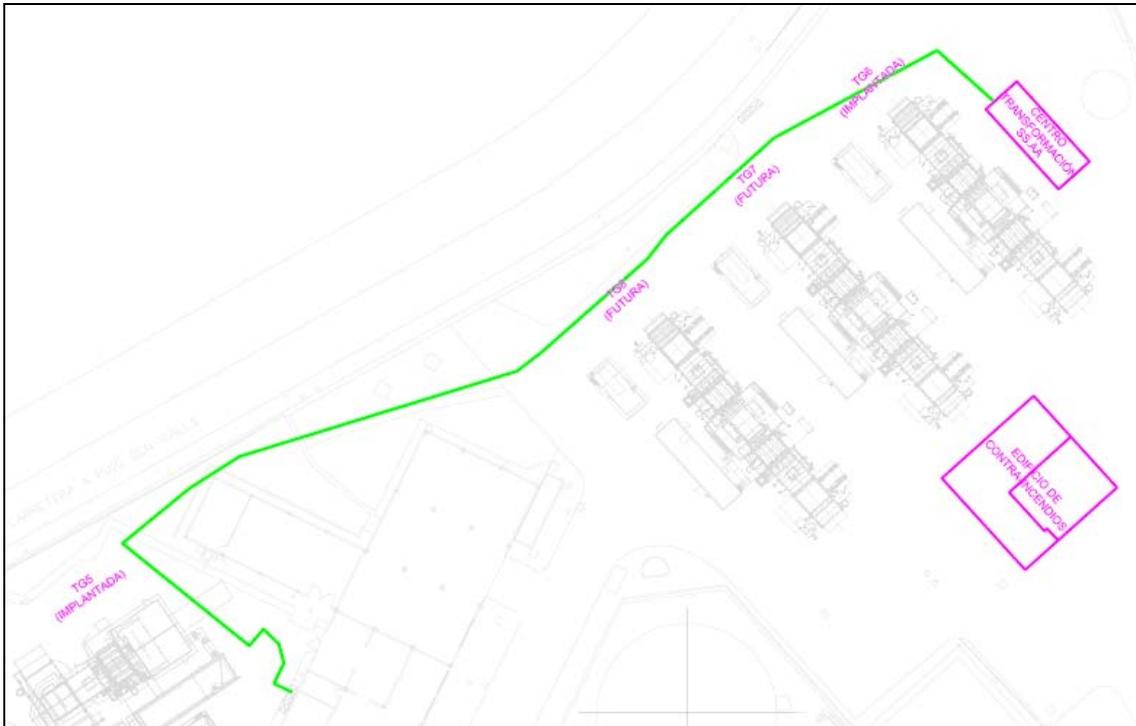
➤ **Canalización del cable EP-CI**



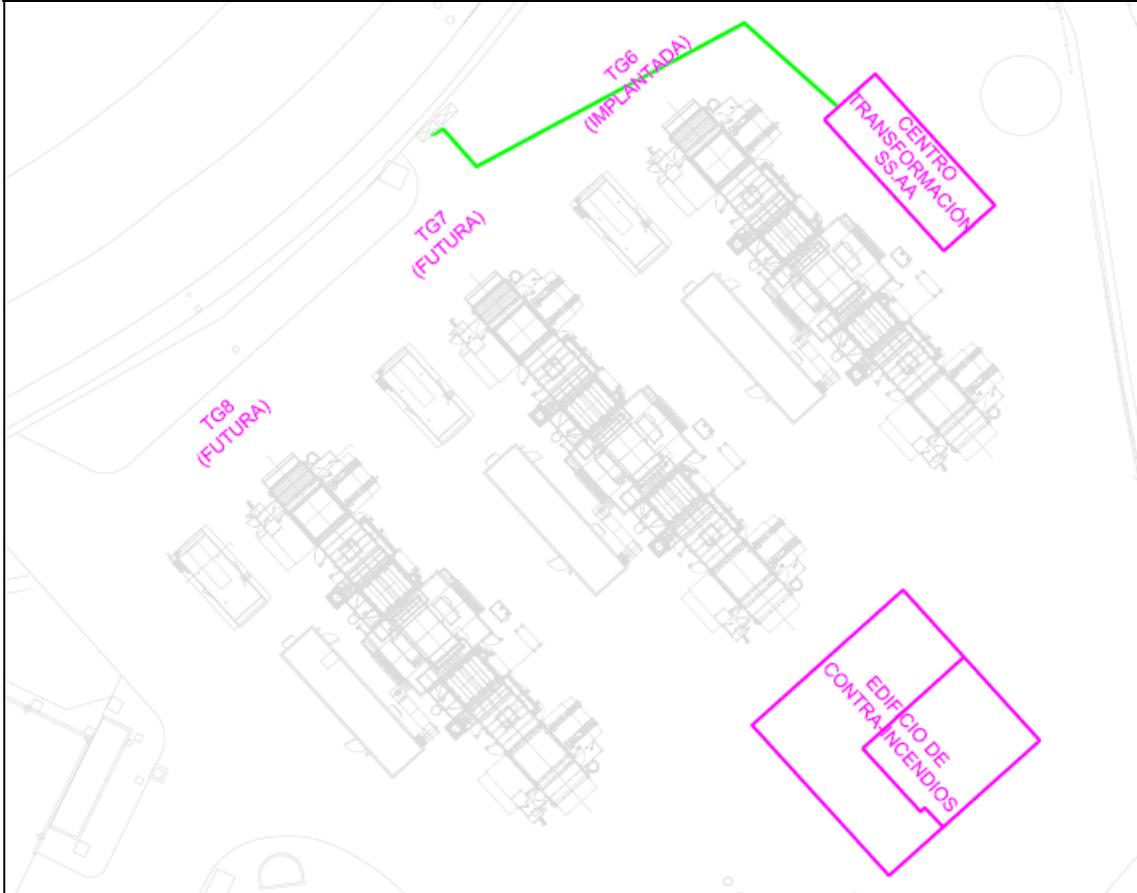
➤ **Canalización del cable ES-CI**



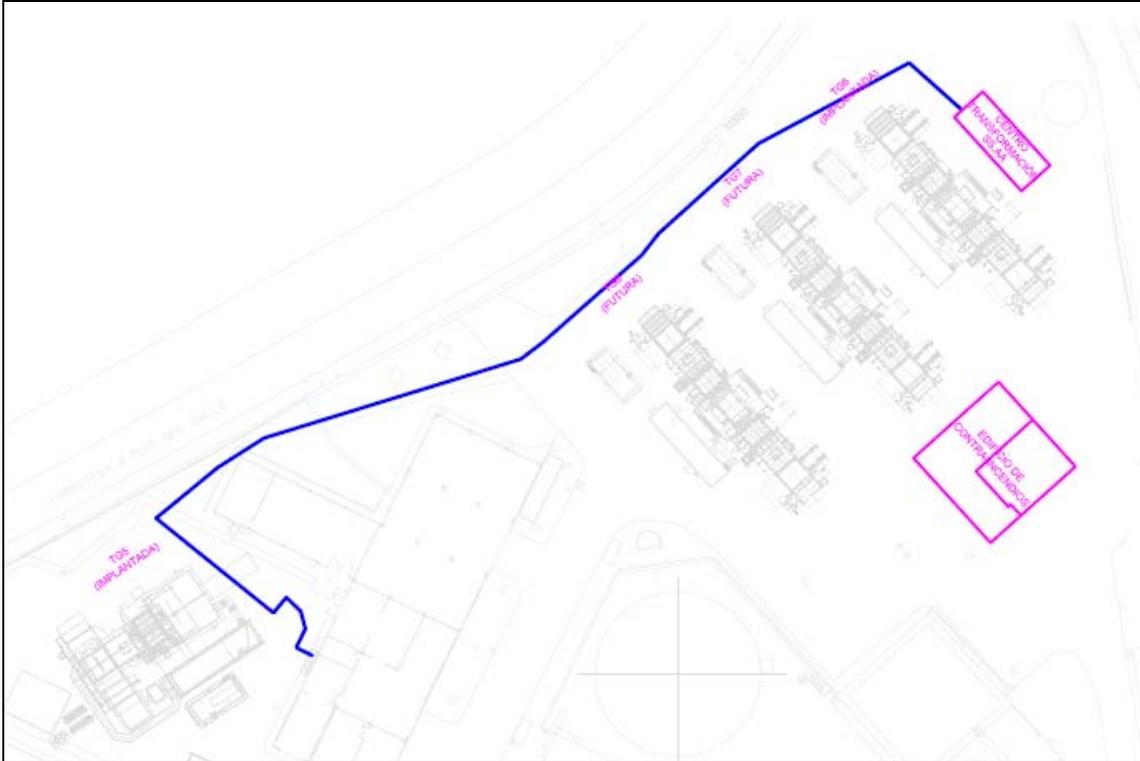
➤ **Canalización del cable CA-TG5**



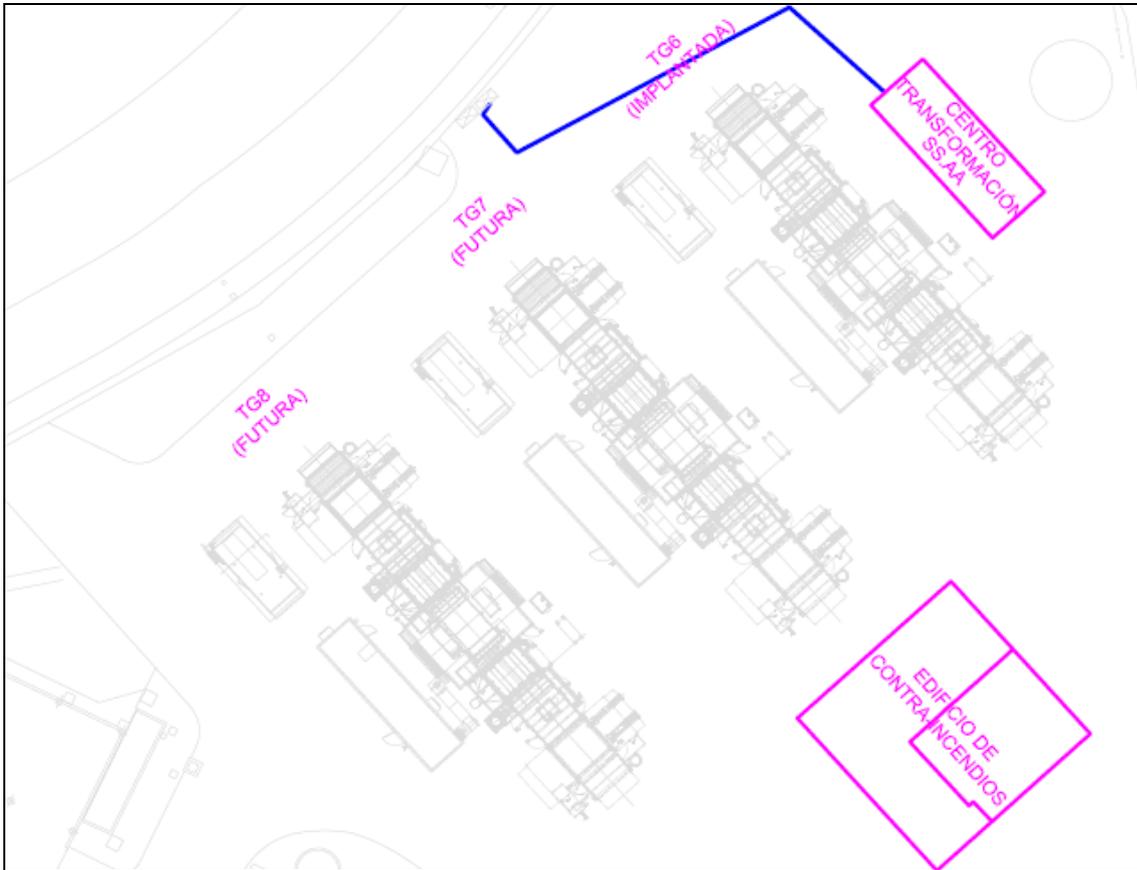
➤ **Canalización del cable CA-TG6**



➤ **Canalización del cable CF-TG5**



➤ **Canalización del cable CF-TG6**



➤ ***Canalización del cable AT-TCA***

Véase plano de canalizaciones interiores e implantación de equipos del Centro de Transformación.

➤ ***Canalización del cable BT-TCA***

Véase plano de canalizaciones interiores e implantación de equipos del Centro de Transformación.

➤ ***Canalización del cable FC-CT***

Véase plano de canalizaciones interiores e implantación de equipos del Centro de Transformación.

➤ ***Canalización del cable AC-CT***

Véase plano de canalizaciones interiores e implantación de equipos del Centro de Transformación.

➤ **Canalización de los cables CC-CT's**



ANEXO XVII: CÁLCULO DE LA LONGITUD Y NÚMERO DE BOBINAS NECESARIAS

Cálculo de la longitud de cable para acopio:

CABLE	Cable unitario base	Longitud de Tendido ⁽¹⁾	Remontes⁽²⁾	Longitud Cable	Reserva (10% aprox).	Longitud, total, de tendido
S-TG5	1x300	175 m	20 m	195 m	20 m	215 m
S-TG6	1x300	45 m	10 m	55 m	5 m	60 m
EP-CI	1x400	135 m	20 m	155 m	15 m	170 m
ES-CI	3,5x95	135 m	20 m	155 m	15 m	170 m
A-TG5	3,5x70	156 m	19 m	175 m	20 m	195 m
A-TG6	3,5x70	35 m	5 m	40 m	5 m	45 m
F-TG5	3,5x95	156 m	19 m	175 m	20 m	195 m
F-TG6	3,5x95	35 m	5 m	40 m	5 m	45 m
AT-TCA	1x300	15 m	5 m	20 m	5 m	25 m
BT-TCA	3,5x95	15 m	5 m	20 m	5 m	25 m
FC-CT	3,5x70	11 m	4 m	15 m	5 m	20 m
AC-CT	3,5x70	11 m	4 m	15 m	5 m	20 m
CC-CT's	2x95	240 m	30 m	270 m	30 m	300 m

(1): Longitud en planta.

(2): Reserva, estimada, para salvar remontes y saneados de puntas y terminales.

Cálculo de la longitud mínima de bobina:

CABLE	Longitud de tramo de cable (sin cortes)	Nº Tramos En bobina	Longitud mínima de bobina
S-TG5	215 m	3	645 m
S-TG6	60 m	3	180 m
EP-CI	170 m	3	510 m
ES-CI	170 m	1	170 m
A-TG5	195 m	1	195 m
A-TG6	45 m	1	45 m
F-TG5	195 m	1	380 m
F-TG6	45 m	1	45 m
AT-TCA	25 m	3	75 m
BT-TCA	25 m	1	25 m
FC-CT	20 m	1	20 m
AC-CT	20 m	1	20m
CC-CT's	300 m	1	300 m

Cálculo del número de bobinas previstas:

CABLE	Tramos de tendido por fase/manguera	Nº Fases	Nº de tramos de tendido	Nº de tramos por bobina	Nº de bobinas previstas
S-TG5	2	3	6	3	2
S-TG6	2	3	6	3	2
EP-CI	1	3	3	3	1
ES-CI	1	3+N	1	1	1
A-TG5	1	3+N	1	1	1
A-TG6	1	3+N	1	1	1
F-TG5	2	3+N	2	1	2
F-TG6	1	3+N	1	1	1
AT-TCA	2	3	2	3	2
BT-TCA	3	3+N	3	3	3
FC-CT	1	3+N	1	1	1
AC-CT	1	3+N	1	1	1
CC-CT's	1	N/A	1	1	2(*)

(*) Debe recordarse, que existen dos (2) cables análogos de corriente continua, CC-CT1 y CC-CT2.

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica

ANEXO A LA MEMORIA
ESTUDIO DE FLUJO DE CARGAS

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2.009

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO.....	3
2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	3
3. DATOS PRELIMINARES	3
3.1. Criterios de cálculo	3
4. DATOS DE LA INSTALACION	4
4.1. Red de MT (15 kV)	4
4.2. Red de B.T. (400 V).....	4
4.2.1 Cabinas BT del Centro de Transformación (CBT-CT).....	4
4.2.2 Cuadro de Fuerza y Alumbrado del CT-SAT(CFA-CT):	4
4.2.3 Cuadro de Equipos Principales de Edificio Contra-Incendios	5
4.2.4 Cuadro de Equipos secundarios de Edificio Contra-Incendios.....	5
4.3. Transformadores TSA-1 y TSA-2	5
4.4. Transformador de Alumbrado, TCA.....	5
4.5. Cables.....	6
4.5.1 Cables de MT.	6
4.5.2 Cables de BT	6
4.6. Cargas de Consumo en Barras del CT-SAT.....	7
4.6.1 Consumos en CFA-CT	7
4.6.2 Consumos en CBT-CT	9
5. FLUJO DE CARGAS.....	10
5.1. Criterios de Validación.....	13
5.2. Régimen de Funcionamiento Nominal	15
5.3. Régimen de Funcionamiento Extraordinario.....	18
5.4. Régimen de Carga Mínima	22
6. CONCLUSIONES	25
ANEXOS A LOS RESULTADOS	26

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente documento es la realización del estudio de flujo de cargas motivado por la implantación del nuevo centro de transformación de servicios auxiliares (SS.AA.), CT-SAT, a instalar en la Central Térmica de Ibiza.

Los sistemas que aplican a este estudio son los sistemas de media tensión y de baja tensión por medio de los transformadores de alimentación al nuevo Centro de Transformación, así como a los servicios a alimentar desde dicho Centro. Tales como: SS.AA. de las turbinas, equipos de edificio contra-incendios, servicios de alumbrado y fuerza exterior de turbinas y otros equipos o cuadros existentes y/o previsibles.

El cálculo de flujo de cargas se ha llevado a cabo mediante la aplicación ETAP 6.0 por lo que, además de los resultados reflejados en la memoria que a continuación se expone, se adjuntará el informe de los resultados que proporciona la misma.

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- Esquema unifilar simplificado de la Instalación.
- Documento de cálculo de cables de MT.
- Documento de cálculo de cables de BT.
- Documento de cálculo de Estudio de consumos y dimensionamiento de transformadores.
- Documento de Estudio de Cortocircuitos.

3. DATOS PRELIMINARES

3.1. Criterios de cálculo

Para el estudio del flujo de cargas se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Criterios de sobrecarga:
 - Se considerará como caso más desfavorable una sobrecarga en la potencia demandada del 10%.
 - Las alimentaciones a transformadores de MT/BT y embarrados de BT asociados deberán soportar una sobrecarga del 25% de la potencia nominal del transformador.
 - No se considera sobrecarga para los cables de alimentación a Centros de Control de Motores, debiendo estar dimensionados para la intensidad nominal de los mismos.

- No se tendrán en consideración el arranque dinámico de motores al ser la potencia del mayor motor de servicios auxiliares despreciable frente a la potencia de los transformadores de alimentación.

4. DATOS DE LA INSTALACION

4.1. Red de MT (15 kV)

Los datos, más significativos, referentes a la red de MT en Barras de Central de Ibiza II, 15 KV, son:

- Tensión Nominal:	15 kV
- Tensión máxima:	15,75 kV(+5%Un)
- Tensión mínima	14,25 kV(-5%Un)
-Intensidad de cortocircuito máxima:	13 KA
- Intensidad de cortocircuito mínima	2,8 KA
- Relación R/X:	0,18
- Puesta a Tierra:	Rígida a Tierra

4.2. Red de B.T. (400 V)

Los datos más significativos, de las redes de BT que se verán involucrados en la realización del flujo de cargas del CT-SAT se muestran a continuación:

4.2.1 Cabinas BT del Centro de Transformación (CBT-CT).

- Tensión Nominal:	400 V
- Intensidad de cortocircuito máxima:	63,4 KA(*)
- Puesta a Tierra:	Resistencia de Alto Valor.

4.2.2 Cuadro de Fuerza y Alumbrado del CT-SAT(CFA-CT):

- Tensión Nominal:	400 V
- Intensidad de cortocircuito máxima:	14,1 kA
- Puesta a Tierra:	Rígida a Tierra

4.2.3 Cuadro de Equipos Principales de Edificio Contra-Incendios

- Tensión Nominal:	400 V
- Intensidad de cortocircuito máxima:	14 kA
- Puesta a Tierra:	Rígida a Tierra

4.2.4 Cuadro de Equipos secundarios de Edificio Contra-Incendios.

- Tensión Nominal:	400 V
- Intensidad de cortocircuito máxima:	6,3 KA (*)
- Puesta a Tierra:	Rígida a Tierra

4.3. Transformadores TSA-1 y TSA-2

Desde Barras de Central de 15kV por medio de dos circuitos análogos, se alimentarán las Barras de la CBT-CT, del Centro de Transformación. La alimentación a las Barras de la CBT-CT se realizará mediante dos (2) transformadores de similares características denominados TSA-1 y TSA-2.

Las principales características de dichos transformadores son:

Id.	Tensión		Potencia Nominal	Conexión	Impedancia Neutro	Refrig.	Potencia ANAF
	Primario	Secundario					
TSA-1	15±2·2,5%·15kV	410 V	1.600 kVA	Dyn11	50 Ω	AN/AF	2.240 kVA
TSA-2	15±2·2,5%·15kV	410 V	1.600 kVA	Dyn11	50 Ω	AN/AF	2.240 kVA

4.4. Transformador de Alumbrado, TCA.

Desde Barras de CBT-CT hasta Barras de Cuadro de Fuerza y Alumbrado del CT-SAT, la alimentación se realiza mediante un circuito constituido, fundamentalmente, por un (1) transformador denominado, TCA.

Las principales características de dicho transformadores se muestran a continuación:

Id.	Tensión		Potencia Nominal	Conexión	Impedancia Neutro	Refrig.
	Primario	Secundario				
TCA	400V	400/230 V	400 kVA	Dyn11	Rígido a tierra	AN

4.5. Cables

4.5.1 Cables de MT.

	CMT-CT-1,2
- Material Conductor:	Cobre
- Aislamiento:	EPR
- Composición:	3x70 mm ²
- Tensión nominal:	15 kV
- Resistencia (unitaria de cable):	0.345 Ω /Km
- Reactancia (unitaria de cable):	0.106 Ω /Km
- N° de conductores por fase:	1
- Longitud estimada (tendido):	285 m

4.5.2 Cables de BT

Todos los cables de BT de la instalación tendrán como características comunes las establecidas por los Criterios de Diseño:

- Material conductor: Cu
- Aislamiento: XLPE (0,6/1 kV)

El resto de características de los cables de BT, de la Instalación, se listan a continuación:

CABLE	Composición	U _n (V)	R(Ω /Km)	X(Ω /Km)	N° Cond/Fase	Longitud (m)
S-TG5	1x300 mm ²	400	0,0742	0,0906	2	195 m
S-TG6	1x300 mm ²	400	0,0742	0,0906	2	55 m
EP-CI	1x400 mm ²	400	0,0567	0,0899	1	155 m
ES-CI	3,5x95 mm ²	400	0,1819	0,0769	1	155 m
A-TG5	3,5x70 mm ²	400	0,0792	0,0792	1	175 m

CABLE	Composición	U_n (V)	$R(\Omega/Km)$	$X(\Omega/Km)$	Nº Cond/Fase	Longitud (m)
A-TG6	3,5x70 mm ²	400	0,0792	0,0792	1	40 m
F-TG5	3,5x95 mm ²	400	0,1819	0,0769	2	175 m
F-TG6	3,5x95 mm ²	400	0,1819	0,0769	1	40 m
AT-TCA	1x300 mm ²	400 V	0,0742	0,0906	2	20 m
BT-TCA	3,5x95 mm ²	400 V	0,1819	0,0792	3	20 m
FC-CT	3,5x70 mm ²	400 V	0,0792	0,0792	1	15 m
AC-CT	3,5x70 mm ²	13,2 kA	0,0792	0,0792	1	15 m
CC-CT's	2x95 mm ²	10 kA	0,1819	0,0769	1	270 m

4.6. Cargas de Consumo en Barras del CT-SAT.

Desde el nuevo CT-SAT se deberán satisfacer los consumos, de los distintos servicios, que se detallarán a continuación. Los consumos, que se muestran, han sido determinados teniendo en cuenta los distintos coeficientes de carga, asimetría y simultaneidad que se establecerán entre los diferentes servicios en las Barras que conformarán el nuevo CT-SAT.

Un desglose más amplio de la determinación de dichos consumos puede consultarse en el documento: “*Estudio de consumos y dimensionamiento de transformadores*”

Así mismo, y teniendo en cuenta los Criterios de Diseño, se considerará una sobrecarga en el consumo demandado del 10 %, para la realización de los distintos estudios de flujo de cargas.

Los consumos que deben satisfacerse en las distintas Barras que conforman el nuevo Centro de Transformación de Servicios Auxiliares de Turbinas, son:

4.6.1 Consumos en CFA-CT

CONSUMOS EN BARRAS DE CFA-CT	
SERVICIO	CONSUMO (kVA)
- FUERZA, EXTERIOR, DE TURBINAS	154,70

- ALUMBRADO, EXTERIOR DE TURBINAS	47,88
- EQUIPOS SECUNDARIOS DE CONTRA-INCENDIOS	44,76
- MONTAJE	71,50
- RESERVA	26,81
TOTAL:	345,64

Debido a la imposibilidad de simular coeficientes de Simultaneidad, en ETAP; se compensarán las cargas que se deben de alimentar desde el Cuadro de Fuerza y Alumbrado, hasta conseguir que la demanda en dicho Cuadro sea la, anteriormente, especificada.

Dicha compensación se realizará, mediante cargas adicionales hasta completar la demanda especificada.

4.6.2 Consumos en CBT-CT

	Barra CBT1-CT	Barra CBT2-CT	TOTAL (kVA)
SERVICIO	CONSUMO(kVA)	CONSUMO(kVA)	
SS.AA. DE TURBINAS	759	360	1.119
COLUMNA CCM'S	N/A	162	162
BARRAS DE CFA-SAT	N/A	277	277
TOTAL (kVA)	759	799	1.558
SOBRECARGA (10%)			155,8(*)
TOTAL EN BARRAS DE CBT(DEMANDA EN CT-SAT)			1713,8

(*) Se repartirá en Barras CBT1-CT y CBT2-CT de forma simétrica.

Al igual que en el apartado anterior, debido a la imposibilidad de simular coeficientes de Simultaneidad, se compensarán las cargas que se deben de alimentar desde las Cabinas de BT, CBT-CT, hasta conseguir que la demanda en la Cabina Principal de BT sea la, anteriormente, especificada.

Dicha compensación se realizará, mediante cargas adicionales hasta completar la demanda especificada.

5. FLUJO DE CARGAS

Se realizarán los siguientes estudios de flujo de cargas en el CT-SAT según los tres (3) regímenes de funcionamiento, más característicos, en los que pueden operar los transformadores TSA-1 y TSA-2 en el Centro de Transformación.

Se considerarán los siguientes regímenes de funcionamiento, con las siguientes consideraciones:

➤ *Régimen de Funcionamiento Nominal.*

Diremos que el CT-SAT se encuentra en Régimen de Funcionamiento Nominal, cuando la operación del CT-SAT se realiza mediante los dos (2) transformadores, TSA-1 y TSA-2, y que como norma general será el régimen, habitual, de explotación del CT-SAT.

Las características más reseñables, y asociadas a dicho régimen de explotación, se indican a continuación:

- Transformadores TSA-1 y TSA-2 en servicio.
- Barras de CBT-CT desacopladas.
- Máxima demanda de servicios del CT-SAT. (Situación más desfavorable).

➤ *Régimen de Funcionamiento Extraordinario.*

Diremos que el CT-SAT se encuentra en Régimen de Funcionamiento Extraordinario, cuando la operación del CT-SAT se realiza mediante un (1) sólo transformador, TSA-1 ó TSA-2, debido a condiciones extraordinarias que obliguen a ello, tales como: trabajos de mantenimiento, averías, etc.

Las características más reseñables, y asociadas a dicho régimen de explotación, se indican a continuación:

- Transformador TSA-1 en servicio.
- Transformador TSA-2 fuera de servicio(*)
- Barras de CBT-CT acopladas.
- Máxima demanda de servicios del CT-SAT. (Situación más desfavorable).

(*) Por no duplicar el número de casos a estudiar y puesto que los transformadores TSA-1 y TSA-2 son, exactamente, de características idénticas, se considerará que siempre que se estudie el régimen de funcionamiento Extraordinario, del CT-SAT, será el transformador TSA-1 el que se encuentre en servicio, mientras que el TSA-2 se encuentre en vacío.

➤ *Régimen de Carga Mínima*

Diremos que el CT-SAT se encuentra en Régimen de Carga Mínima, cuando la operación del CT-SAT se realiza mediante los dos (2) transformadores, TSA-1 y

TSA-2, pero el consumo de las cargas del CT-SAT es mínimo, suponiendo que sólo demandan energía una cantidad mínima de los equipos que podrían abastecerse desde el nuevo CT-SAT.

El Régimen de Carga Mínima es necesario estudiar, para verificar que las tensiones que puedan aparecer en Barras de Cabina de BT como en Barras del Cuadro de Fuerza y Alumbrado, CFA, no sean demasiado elevadas y pongan en compromiso el correcto funcionamiento de los diversos equipos y componentes que se acoplan a ellas.

Las características más reseñables, y asociadas a dicho régimen de explotación, se indican a continuación:

- Transformadores TSA-1 y TSA-2 en servicio.
- Barras de CBT-CT desacopladas.
- Mínima demanda de servicios del CT-SAT. Solamente demandarán consumo: una turbina en servicio de Stand-By (TG5 caso más desfavorable) y servicio de alumbrado, exterior, de TG5.

Así mismo, e independientemente del régimen de funcionamiento que se considere, para cada estudio de flujo de cargas se abordarán tres (3) casos independientes, que corresponderán, a los valores de tensión que pueden existir en Barras de Central de 15 kV en Ibiza II.

Dichos valores de tensión que pueden suceder, en Barras de Central de Ibiza II, serán los más característicos dentro del rango máximo, de tensión, admisible. Dicho rango de tensión vendrá determinado según los Criterios de Diseño.

Por tratarse, en este caso, de una red de MT (con tensión nominal $U_n=15$ kV) el rango de tensiones, máximas admisibles, en Barras de Ibiza II será: $U_n\pm 5\%$

La siguiente tabla muestra de forma esquemática los diversos estudios de flujo de cargas que se han realizado en función de la tensión en Barras de Ibiza II y el estado de los transformadores TSA-1 y TSA-2 del Centro de Transformación:

Estudio.	Rég. Funcionamiento	Tensión en Barras de Ibiza II	TSA-1	TSA-2
I	Normal	15 kV (100 % U_n)	En Servicio	En servicio
II	Normal	15,75 kV (105 % U_n)	En Servicio	En servicio
III	Normal	14,25 kV (95 % U_n)	En Servicio	En servicio
IV	Extraordinario	15 kV (100 % U_n)	En Servicio	Fuera de Servicio
V	Extraordinario	15,75 kV (105 % U_n)	En Servicio	Fuera de Servicio
VI	Extraordinario	14,25 kV (95 % U_n)	En Servicio	Fuera de Servicio
VII	Carga Mínima	15 kV (100 % U_n)	En Servicio	En servicio
VIII	Carga Mínima	15,75 kV (105 % U_n)	En Servicio	En servicio
IX	Carga Mínima	14,25 kV (95 % U_n)	En Servicio	En servicio

Para la resolución de los distintos flujos de cargas planteados y cuyos resultados se presentarán, más adelante, se ha hecho uso de la herramienta informática: ETAP v.6.

5.1. Criterios de Validación

Una vez resueltos los distintos estudios de flujo de cargas, planteados, se deberá verificar que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos de funcionamiento, para los distintos equipos que componen el CT-SAT.

En concreto se deberá verificar en los siguientes Equipos e Instalaciones los siguientes criterios de validación:

- Niveles de Tensión:

Se deberá verificar que la tensión en los distintos Cuadros y Cabinas que conformen el CT-SAT, tras realizar el flujo de cargas, se encuentren dentro de valores, límites, establecidos por los Criterios de Diseño, los cuales se muestran a continuación:

Nivel de Tensión	Máxima tensión permitida	Mínima tensión permitida
MT	105 % $U_{nominal}$	95 % $U_{nominal}$
BT	110 % $U_{nominal}$	90 % $U_{nominal}$

Particularizando, dichos criterios, para las Barras que forman parte del CT-SAT:

Nudo	Tensión Máxima	Tensión Nominal (U_n)	Tensión Mínima
Lado MT de TSA's	15.750 V (105 % U_n)	15.000 V (100% U_n)	14.250 V (95 % U_n)
CBT1-CT	440 V (110% U_n)	400 V (100 %)	360 V (90% U_n)
CBT2-CT	440 V (110% U_n)	400 V (100 %)	360 V (90% U_n)
CFA-CT	440 V (110% U_n)	400 V (100 %)	360 V (90% U_n)
Equipos Principales CI	440 V (110% U_n)	400 V (100 %)	360 V (90% U_n)
Equipos Secundarios CI	440 V (110% U_n)	400 V (100 %)	360 V (90% U_n)
Alumbrado	440 V (110% U_n)	400 V (100 %)	360 V (90% U_n)

- Transformadores

Además de los criterios exigibles, por nivel de tensión, se deberá verificar que los transformadores que forman parte del CT-SAT se encuentran en un punto de funcionamiento inferior al de su capacidad máxima de carga.

Transformador	Carga máxima	Capacidad nominal (S_n)	Capacidad en AF (S_n)
TSA-1	2.240 kVA(*) (100% S_n)	1.600 kVA	2.240 kVA
TSA-2	2.240 kVA(*) (100% S_n)	1.600 kVA	2.240 kVA
TCA	400 kVA (100% S_n)	400 kVA	N/A

(*) En refrigeración forzada, AF.

5.2. Régimen de Funcionamiento Nominal

➤ *SITUACIONES PLANTEADAS*

Se plantearán tres (3) situaciones, como anteriormente fue expuesto, para la realización del estudio de flujo de cargas considerando que la operación del CT-SAT se realiza en régimen nominal de explotación.

Dichas situaciones de estudio dependerán del valor de tensión existente en Barras de 15 kV de Ibiza II. En concreto:

- $U_{Ibiza_II}=15$ kV (U_{nom})
- $U_{Ibiza_II}=15,75$ kV ($105\%U_{nom}$)
- $U_{Ibiza_II}=14,25$ kV ($95\%U_{nom}$)

Así mismo, se considerarán las siguientes observaciones, propias del régimen de operación nominal del CT-SAT, independientemente de la situación planteada.

- Transformadores TSA-1 y TSA-2 en servicio.
- Transformadores en su toma central.
- Transformadores trabajando en refrigeración AN.
- Barras CBT1-CT y CBT2-CT desacopladas.
- Máxima demanda de Servicios del CT-SAT (situación más desfavorable).

➤ *RESULTADOS*

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la resolución del flujo de cargas en las situaciones planteadas.

RÉGIMEN DE OPERACIÓN NOMINAL					
Nudo	Valores Nominales	U_{Ibiza II}(kV)			Observ.
		Situación 1	Situación 2	Situación 3	
IBIZA II	15 kV 100 %	15 kV 100 %	15,75 kV 105 %	14,25 kV 95 %	
RESULTADOS					
Lado MT de TSA's	15 kV 100 %	14,994 kV 99,96 %	15,745 kV 99,96 %	14,24 kV 94,93 %(*)	Ver nota
CBT1-CT	400 V 100 %	402,9V 100,73 %	423,8 V 105,95 %	382 V 95,5 %	
CBT2-CT	400 V 100 %	401,7 V 100,43 %	422,7 V 105,68 %	380,7 V 95,18%	
CFA-CT	400 V 100 %	385,6 V 96,4 %	409,3 V 102,33 %	365,7 V 91,43 %	
EP-CI	400 V 100 %	395,6 V 98,90 %	416,9 V 104,23 %	375,3 V 93,83 %	
ES-CI	400 V 100 %	383,4 V 95,85 %	405,3 V 101,33 %	361,3 V 90,33 %	
TSA-1	1.600 kVA 100%	853 kVA 53,31 %	852 kVA 53,25 %	855 kVA 53,44 %	En Servicio
Posición Toma	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	
TSA-2	1.600 kVA 100%	976 kVA 61,00 %	972 kVA 60,75 %	981 kVA 61,31 %	En Servicio
Posición Toma	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	
TCA	400 kVA 100%	348 kVA 87,00 %	348 kVA 87,00 %	349 kVA 87,25 %	
ANEXOS					
VEÁSE:		Anexo I	Anexo II	Anexo III	

(*)NOTA: En la situación (3), aunque la tensión nominal en Barras de 15 kV sea inferior al 95% del valor nominal, debe tenerse en cuenta, que en dicha situación, la tensión en Barras de Ibiza II es el 95% del valor nominal. Se debe considerar, por tanto, que la caída de tensión provocada por el cable CMT-CT, entre la Subestación de Ibiza y el embarrado de MT del CT-SAT, es aproximadamente del 0,2%(14,24 kV/14,25 kV) y por tanto inferior al 5% permitido. Por tanto no se produce violación alguna del criterio de tensión admisible en dichas Barras.

➤ **CONCLUSIONES**

Los límites de tensión que pueden existir en Barras del Centro de Transformación, son:

	Mínimo	Máximo
Nivel de 15 kV	14,25 kV (95%)	15,75 kV (105%)
Nivel de 400 V	360V (90%)	440 V (110%)

Observando los resultados obtenidos tras la ejecución de los diversos flujos de cargas se puede comprobar, rápidamente, que en ninguna situación se produce incumplimiento alguno de los requisitos establecidos.

Así mismo, puede comprobarse, que ningún transformador supera el 100% de su carga nominal.

Se puede concluir, por tanto, que siempre que se opere el CT-SAT, en su régimen de funcionamiento nominal (TSA-1 y TSA-2 en servicio), los equipos e Instalaciones determinadas son válidos para su propósito.

5.3. Régimen de Funcionamiento Extraordinario.

➤ SITUACIONES PLANTEADAS

Se plantearán tres (3) situaciones, como anteriormente fue expuesto, para la realización del estudio de flujo de cargas considerando que la operación del CT-SAT se realiza en régimen extraordinario de explotación.

Dichas situaciones de estudio dependerán del valor de tensión existente en Barras de 15 kV de Ibiza II. En concreto:

- $U_{Ibiza_II}=15 \text{ kV} (U_{nom})$
- $U_{Ibiza_II}=15,75 \text{ kV} (105 \%U_{nom})$
- $U_{Ibiza_II}=14,25 \text{ kV} (95 \%U_{nom})$

Así mismo, se considerarán las siguientes observaciones, propias del régimen Extraordinario de explotación del CT-SAT, independientemente de la situación planteada.

- Transformador TSA-1 en servicio.
- Transformador TSA-1 en su toma central.
- Transformador TSA-1 trabajando en refrigeración AF.
- Transformador TSA-2 fuera de servicio.
- Barras CBT1-CT y CBT2-CT acopladas.
- Máxima demanda de Servicios del CT-SAT (situación más desfavorable).

➤ **RESULTADOS**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la resolución del flujo de cargas en las situaciones planteadas.

RÉGIMEN DE OPERACIÓN EXTRAORDINARIO					
Nudo	Valores Nominales	U_{Ibiza II}(kV)			Observ.
		Situación 1	Situación 2	Situación 3	
IBIZA II	15 kV 100 %	15 kV 100 %	15,75 kV 105 %	14,25 kV 95 %	
RESULTADOS					
Lado MT de TSA's	15 kV 100 %	14,988 kV 99,92 %	15,739 kV 104,93 %	14,24 kV 94,93 %	Ver Nota
CBT-CT	400 V 100 %	394,1 V 98,53 %	415,5 V 103,88 %	372,6 V 93,15 %	CBT1-CT, CBT2-CT acopladas
CFA-CT	400 V 100 %	379,7 V 94,65 %	401,9 V 100,48 %	357,2 V 89,30 %	
EP-CI	400 V 100 %	387,9 V 96,98 %	409,6 V 102,40 %	366 V 91,50 %	
ES-CI	400 V 100 %	375,4 V 93,85 %	397,8 V 99,45 %	352,7 V 88,18 %	
TSA-1	2.240 kVA 100%	1.867 kVA 83,35 %	1.916 kVA 85,53 %	1.879 kVA 83,88 %	En Servicio
Posición Toma	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	
TSA-2	2.240 kVA 100%	N/A	N/A	N/A	Fuera de Servicio
Posición Toma	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	N/A	N/A	
TCA	400 kVA 100%	348 kVA 87 %	348 kVA 87 %	349 kVA 87,25 %	
ANEXOS					
VEÁSE:		Anexo IV	Anexo V	Anexo VI-a	

NOTA: Ver Nota análoga del apartado 5.2
 -En resalte valor que supera el límite permitido.

➤ **CONCLUSIONES**

Los límites de tensión que pueden existir en Barras del Centro de Transformación, son:

	Mínimo	Máximo
Nivel de 15 kV	14,25 kV (95%)	15,75 kV (105%)
Nivel de 400 V	360V (90%)	440 V (110%)

Observando los resultados obtenidos tras la ejecución de los diversos flujos de cargas se puede comprobar, que en la situación (3) en el Cuadro de Fuerza y Alumbrado, la tensión es inferior al 90% de su valor nominal.

La anterior situación, inadmisibles, puede solucionarse variando la posición de la toma de regulación de tensión del transformador TSA-1, hasta cumplir los requisitos exigidos.

En concreto, los nuevos valores obtenidos, tras aplicar dicha solución serán los recogidos en la siguiente tabla:

Tensión en Barras de Ibiza II	14,25 kV 95 % U_n	
Nudo	Valor Nominal	Resultado Tras flujo de cargas
Lado MT de TSA's	15 kV 100 %	14,24 kV 94,93 %
CBT-CT	400 V 100 %	394,1 V 98,53 %
CFA-CT	400 V 100 %	379,6 V 94,9 %
EP-CI	400 V 100 %	387,9 V 96,98 %
ES-CI	400 V 100 %	375,4 V 93,85 %
TSA-1	2.240 kVA 100%	1.867 kVA 83,34 %
Posición Toma	0 15/0,41 kV	-2 14,25/0,41 kV
TSA-2	N/A	N/A
Posición Toma	N/A	N/A
TCA	400 kVA 100%	348 kVA 87 %
ANEXO	VER ANEXO VI-b	

En resalte, valor que ha sufrido modificación respecto a las condiciones de partida.

Puede comprobarse que una vez variada la posición de la toma del transformador TSA-1 todas las tensiones, en las distintas Barras que se integran en el CT-SAT, se encuentran dentro de sus límites admisibles de funcionamiento.

Así mismo, se puede verificar que el Transformador de Alumbrado (TCA) no supera el 100% de su capacidad máxima.

En el caso del transformador TSA-1 puede comprobarse que no se supera la capacidad máxima de dicho Transformador, siempre y cuando trabaje en régimen de refrigeración AF.

Se puede concluir, por tanto, que si el CT-SAT opera en Régimen de Funcionamiento Extraordinario, los equipos y componentes seleccionados son válidos para su propósito, teniendo en cuenta que el transformador que se encuentre operativo (TSA-1 ó TSA-2) siempre debe trabajar en régimen de refrigeración AF y además, para un determinado caso puntual, tensión mínima en Barras de Ibiza II, será necesario variar las tomas del cambiador en vacío del transformador que en ese momento esté en servicio, para conseguir que las tensiones en las Barras del Cuadro de Fuerza y Alumbrado (CFA) se encuentre dentro de los límites permitidos.

5.4. Régimen de Carga Mínima

➤ SITUACIONES PLANTEADAS

Se plantearán tres (3) situaciones para la realización del estudio de flujo de cargas considerando que la operación del CT-SAT se realiza en régimen carga mínima.

Dichas situaciones de estudio dependerán del valor de tensión existente en Barras de 15 kV de Ibiza II. En concreto:

- $U_{Ibiza_II}=15 \text{ kV} (U_{nom})$
- $U_{Ibiza_II}=15,75 \text{ kV} (105 \%U_{nom})$
- $U_{Ibiza_II}=14,25 \text{ kV} (95 \%U_{nom})$

Así mismo, se considerarán las siguientes observaciones, propias del régimen de carga mínima del CT-SAT, independientemente de la situación planteada.

- Transformadores TSA-1 y TSA-2 en servicio.
- Transformadores en su toma central.
- Transformadores trabajando en refrigeración AN.
- Barras CBT1-CT y CBT2-CT desacopladas.
- Mínima demanda de Servicios del CT-SAT. Solamente demandarán consumo: una turbina en servicio de Stand-By (TG5 caso más desfavorable) y servicio de alumbrado, exterior, de TG5.

➤ **RESULTADOS**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la resolución del flujo de cargas en las situaciones planteadas.

RÉGIMEN DE CARGA MÍNIMA					
Nudo	Valores Nominales	U_{Ibiza II}(kV)			Observ.
		Situación 1	Situación 2	Situación 3	
IBIZA II	15 kV 100 %	15 kV 100 %	15,75 kV 105 %	14,25 kV 95 %	
RESULTADOS					
Lado MT de TSA's	15 kV 100 %	14,99 kV 99,93 %	15,749 kV 104,99 %	14,249 kV 94,99 %(*)	Ver nota
CBT1-CT	400 V 100 %	409,5 V 102,38 %	430,1 V 107,53 %	389 V 97,25 %	
CBT2-CT	400 V 100 %	409,9 V 102,48 %	430,2 V 107,6 %	389,4 V 97,35 %	
CFA-CT	400 V 100 %	409,7 V 102,43 %	430,1 V 107,55 %	389,2 V 97,30 %	
EP-CI	400 V 100 %	N/A	N/A	N/A	
ES-CI	400 V 100 %	N/A	N/A	N/A	
TSA-1	1.600 kVA 100%	56 kVA 3,5 %	56 kVA 3,5 %	56 kVA 3,5 %	En Servicio
Posición Toma	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	
TSA-2	1.600 kVA 100%	6 kVA 0,38 %	6 kVA 0,38 %	6 kVA 0,38 %	En Servicio
Posición Toma	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	0 15/0,41 kV	
TCA	400 kVA 100%	6 kVA 1,50 %	6 kVA 1,50 %	6 kVA 1,50 %	
ANEXOS					
VEÁSE:		Anexo VII	Anexo VIII	Anexo IX	

NOTA: Ver Nota análoga del apartado 5.2

➤ *CONCLUSIONES*

Los límites de tensión que pueden existir en Barras del Centro de Transformación, son:

	Mínimo	Máximo
Nivel de 15 kV	14,25 kV (95%)	15,75 kV (105%)
Nivel de 400 V	360V (90%)	440 V (110%)

Observando los resultados obtenidos tras la ejecución de los diversos flujos de cargas se puede comprobar, rápidamente, que en ninguna situación se produce incumplimiento alguno de los requisitos establecidos.

Por tanto, siempre que se opere el CT-SAT en régimen de carga mínima, las tensiones que resultan en los diferentes nudos del Sistema se encuentran dentro de los límites permitidos y los equipos e Instalaciones determinadas no correrán riesgo de sobretensión, y el material de los mismos deberá aguantar dichas tensiones, pues será exigible que todos los equipos y componentes estén contruidos mediante materiales que, al menos, sean capaces de soportar la máxima tensión que, por normativa, pueda suceder.

Así mismo, puede comprobarse, que ningún transformador supera el 100% de su carga nominal, como era de esperar.

Luego, se puede establecer, que siempre que se opere el CT-SAT en Régimen de Carga Mínima los equipos y componentes seleccionados son válidos para su propósito.

6. CONCLUSIONES

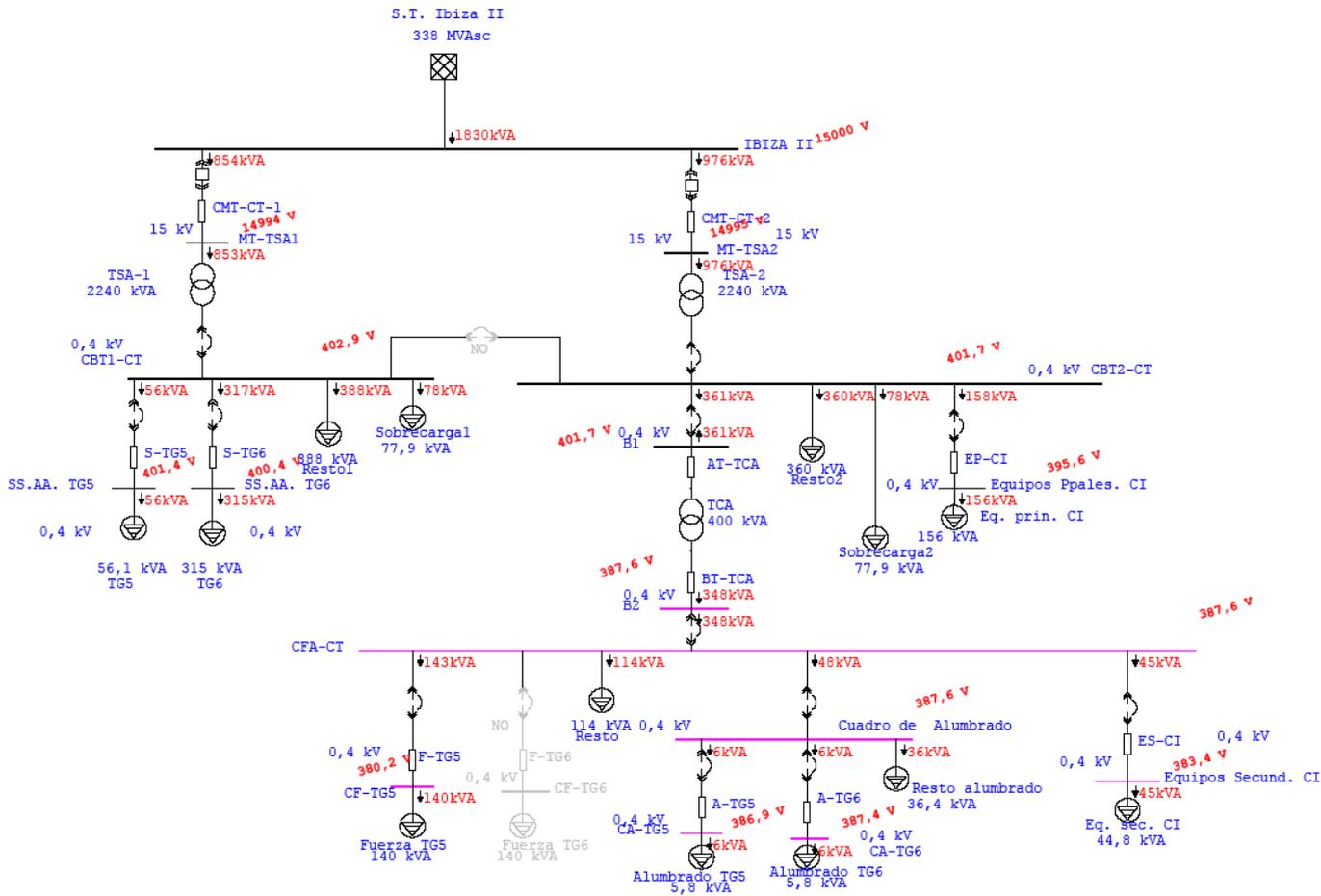
Una vez realizados los diferentes estudios de flujo de cargas ante las distintas modalidades de operación del CT-SAT, se pueden extraer que los equipos y componentes que han sido seleccionados para ser integrados en el CT-SAT serán válidos para su propósito, teniendo en cuenta las siguientes observaciones:

- Siempre que se opere el CT-SAT en el denominado Régimen de Funcionamiento Nominal, mediante sus dos (2) transformadores principales TSA-1 y TSA-2, estos últimos siempre trabajarán en refrigeración AN y las tomas de sus cambiadores de tomas en vacío serán la centrales, pues no hay ninguna situación que requiera, a priori, modificar dichas condiciones de trabajo en los transformadores TSA-1 y TSA-2.
- Si el CT-SAT opera en el denominado Régimen de Funcionamiento Extraordinario, mediante un (1) solo transformador, TSA-1 o TSA-2, este, deberá siempre operar en régimen de refrigeración AF y su cambiador de tomas en vacío permanecerá en su toma central, a excepción de la situación excepcional de tensión mínima en Barras de S.T. de Ibiza II, donde deberá variarse la posición de la toma para asegurarse que las tensiones en todos los nudos que comprenden el Sistema se encuentran dentro de los límites establecidos.
- Si el CT-SAT opera en el denominado Régimen de carga Mínima, no se producen sobretensiones en ninguno de los nudos que conforman el Sistema, incluso sin necesidad de variar la toma central de los cambiadores de tomas de vacío de los transformadores TSA-1 y TSA-2.

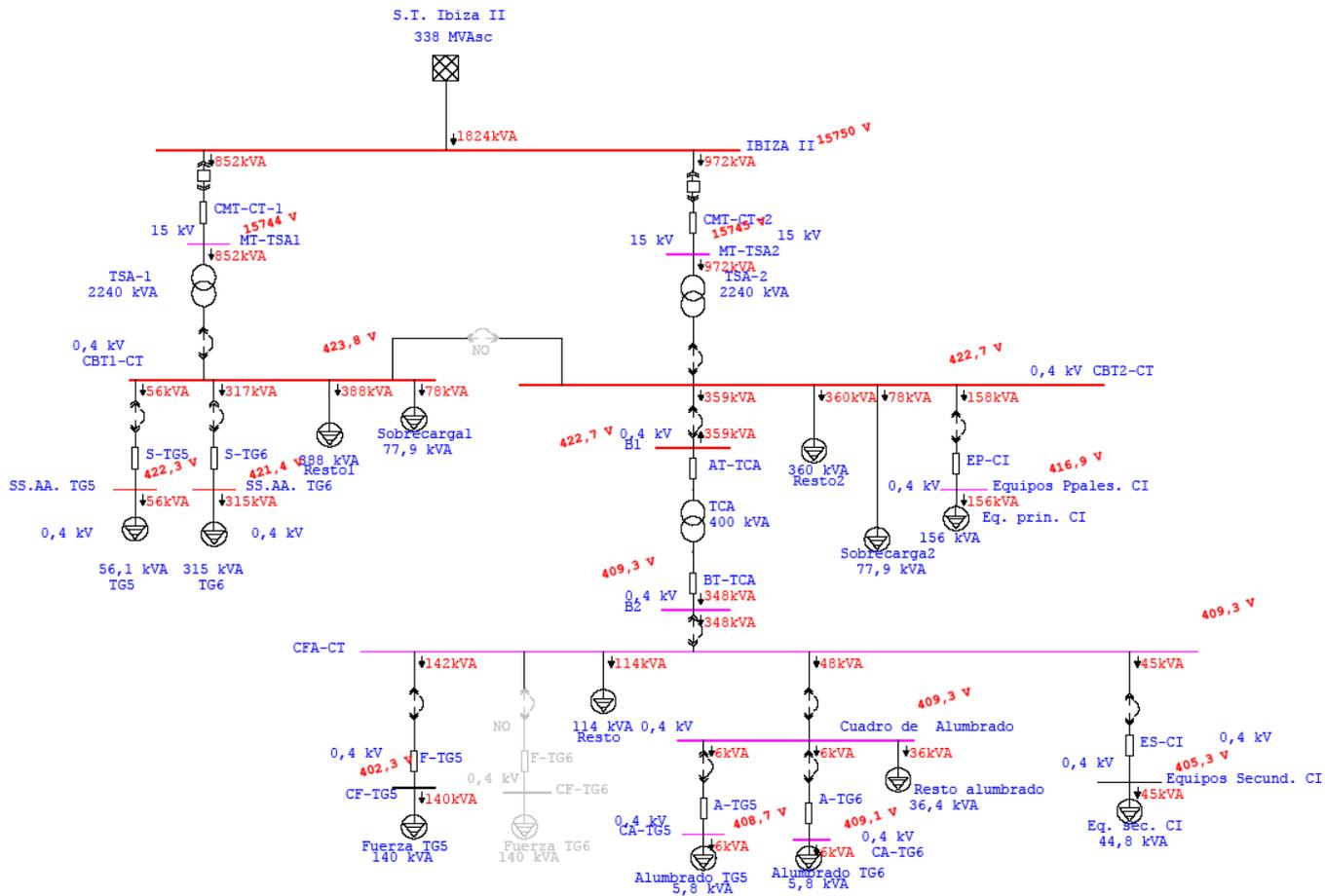
Salvadas estas observaciones, no debe olvidarse que la previsión inicial de explotación del CT-SAT es que los transformadores trabajen a la mitad de su carga y el CT-SAT opere en Régimen de Funcionamiento Nominal, TSA-1 y TSA-2 en servicio, y por tanto por regla general, no va a ser necesario ni variar la posición de las tomas del cambiador en vacío de los transformadores TSA-1 y TSA-2, ni que dichos transformadores trabajen en régimen de refrigeración AF y sólo será necesario en caso de que el régimen de trabajo sea el Régimen Extraordinario.

ANEXOS A LOS RESULTADOS

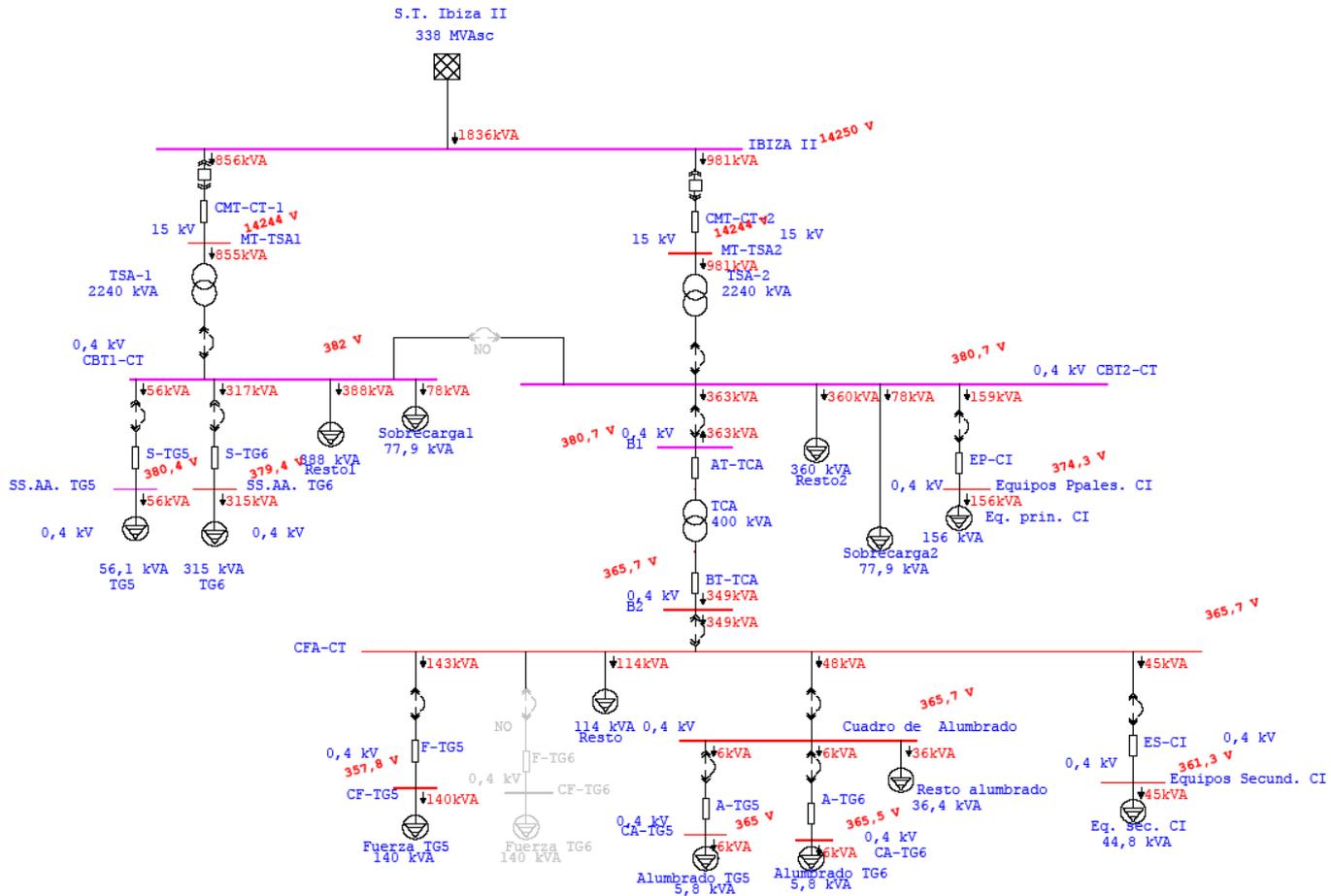
ANEXO I: Régimen de Funcionamiento Nominal: $U_{IbizaII} = U_{nom}$



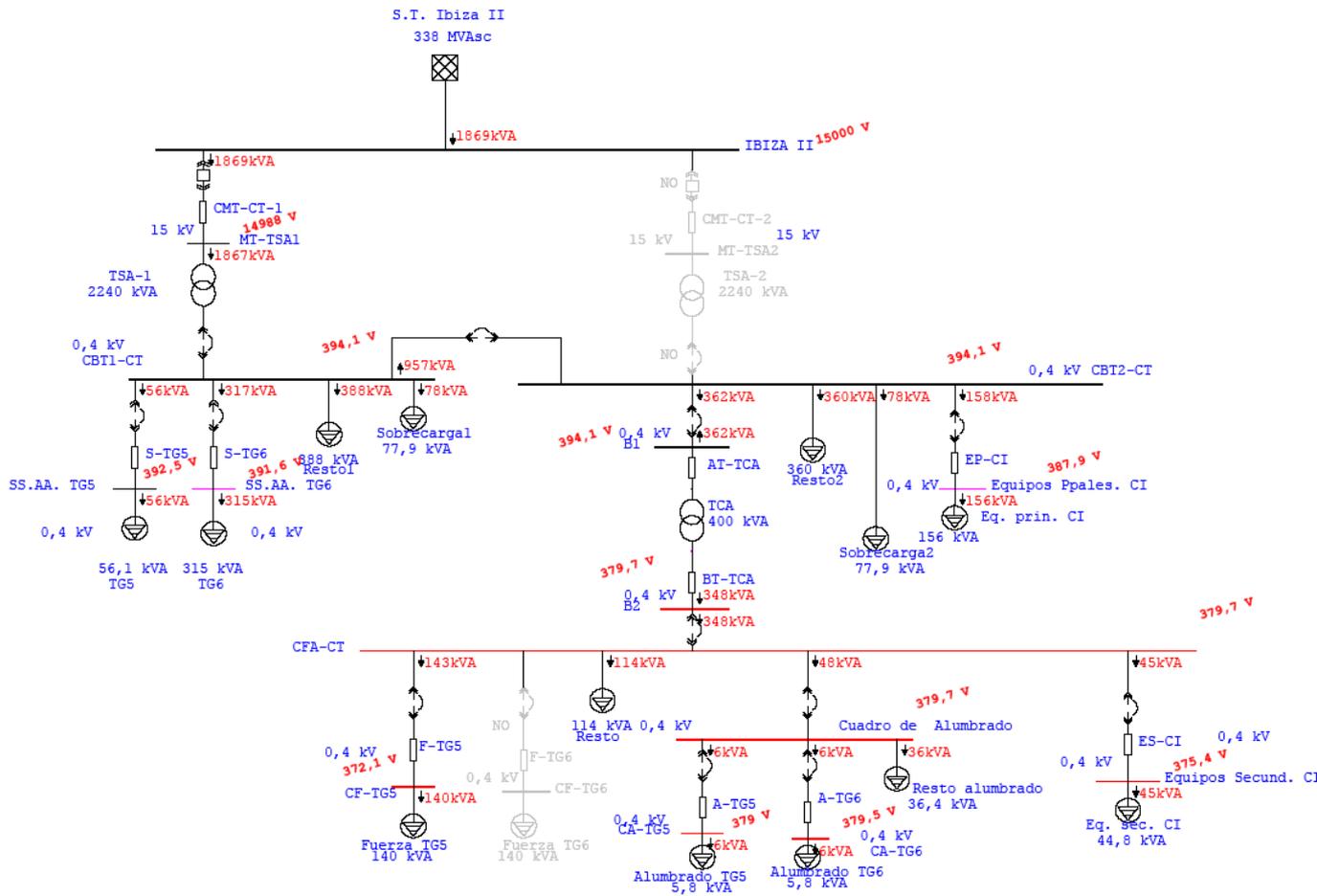
ANEXO II: Régimen de Funcionamiento Nominal: $U_{IbizaII} = U_{nom} + 5\%$



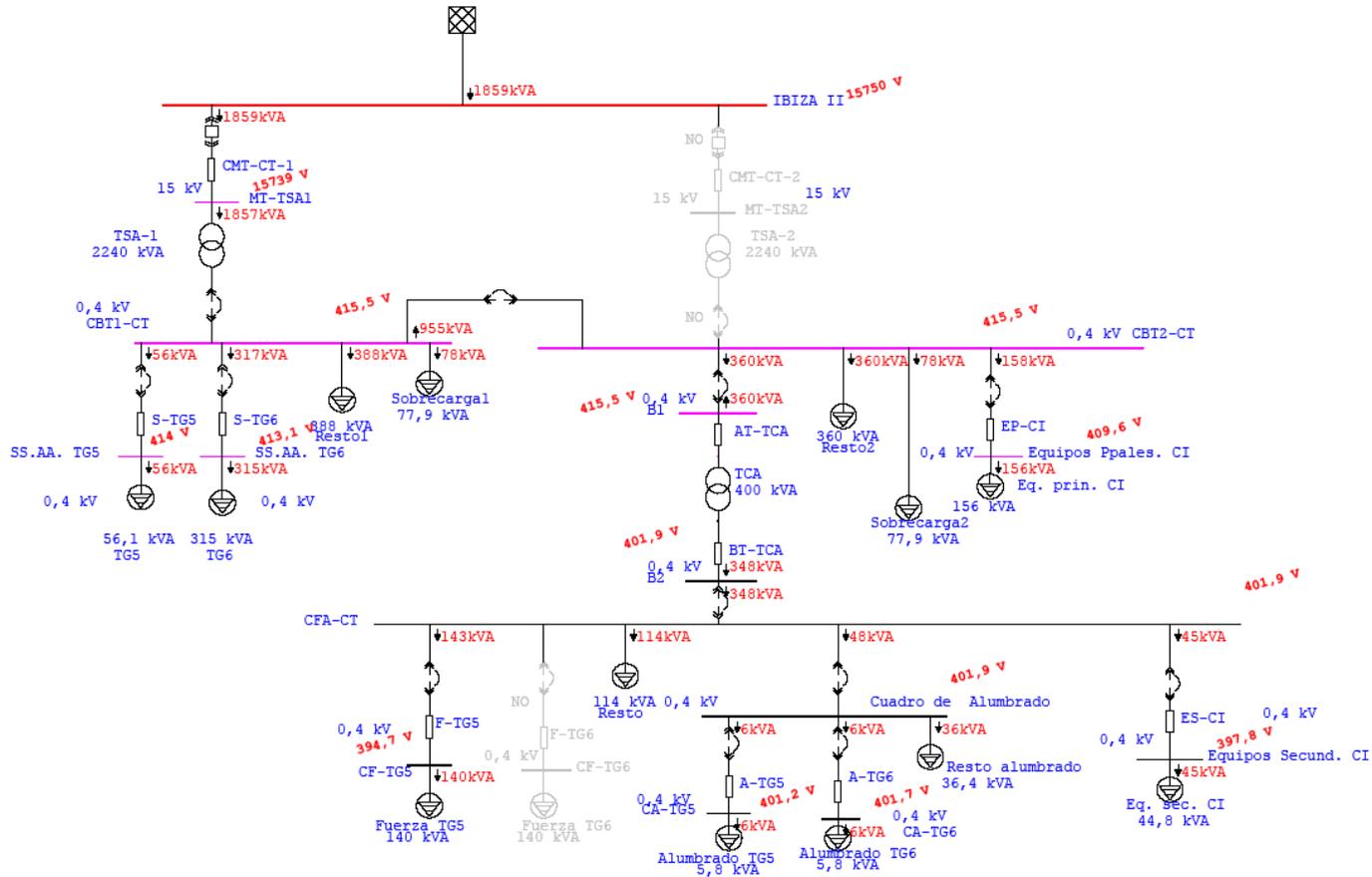
ANEXO III: Régimen de Funcionamiento Nominal: $U_{IbizaII} = U_{nom} - 5\%$



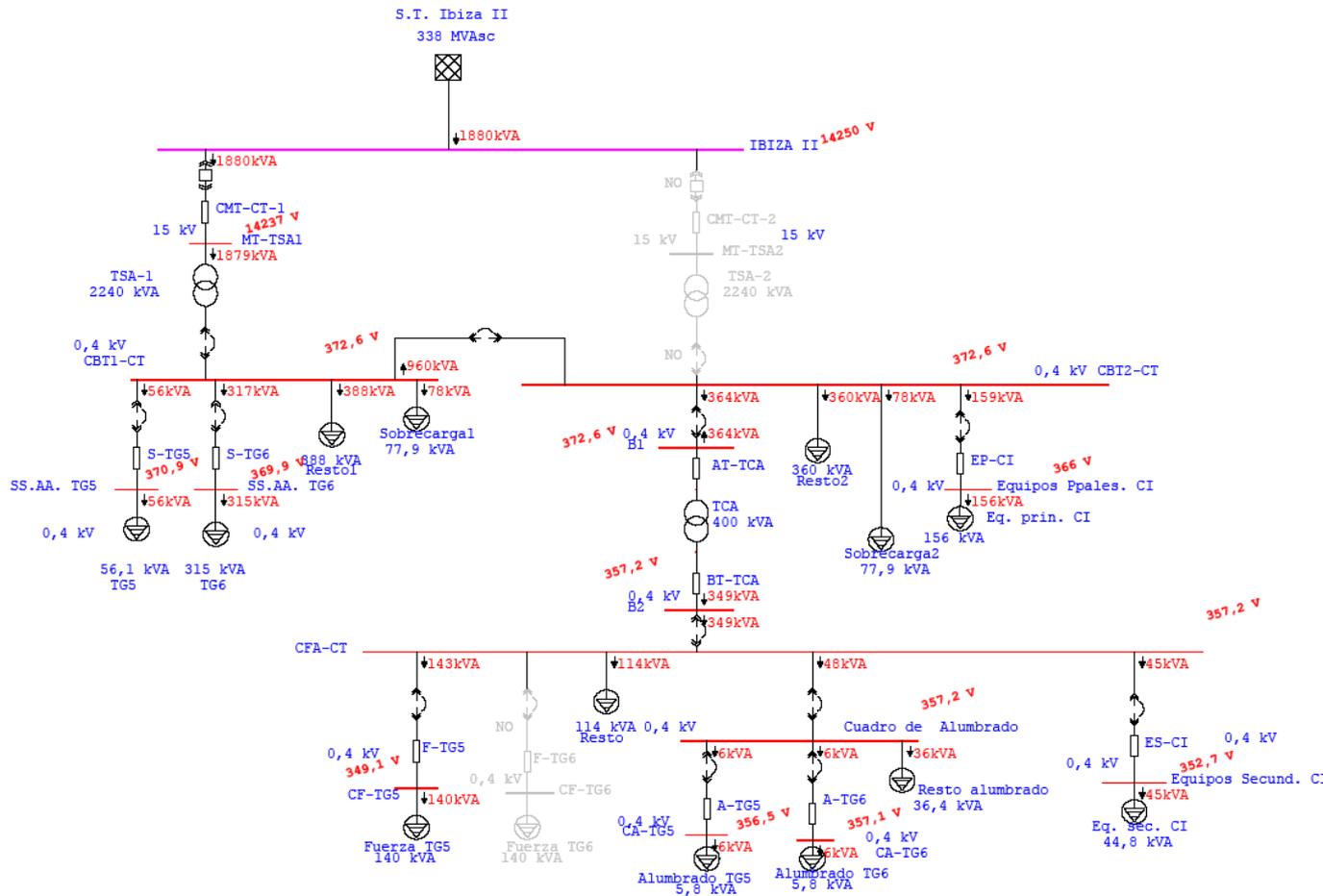
ANEXO IV: Régimen de Funcionamiento Extraordinario: $U_{IbizaII} = U_{nom}$



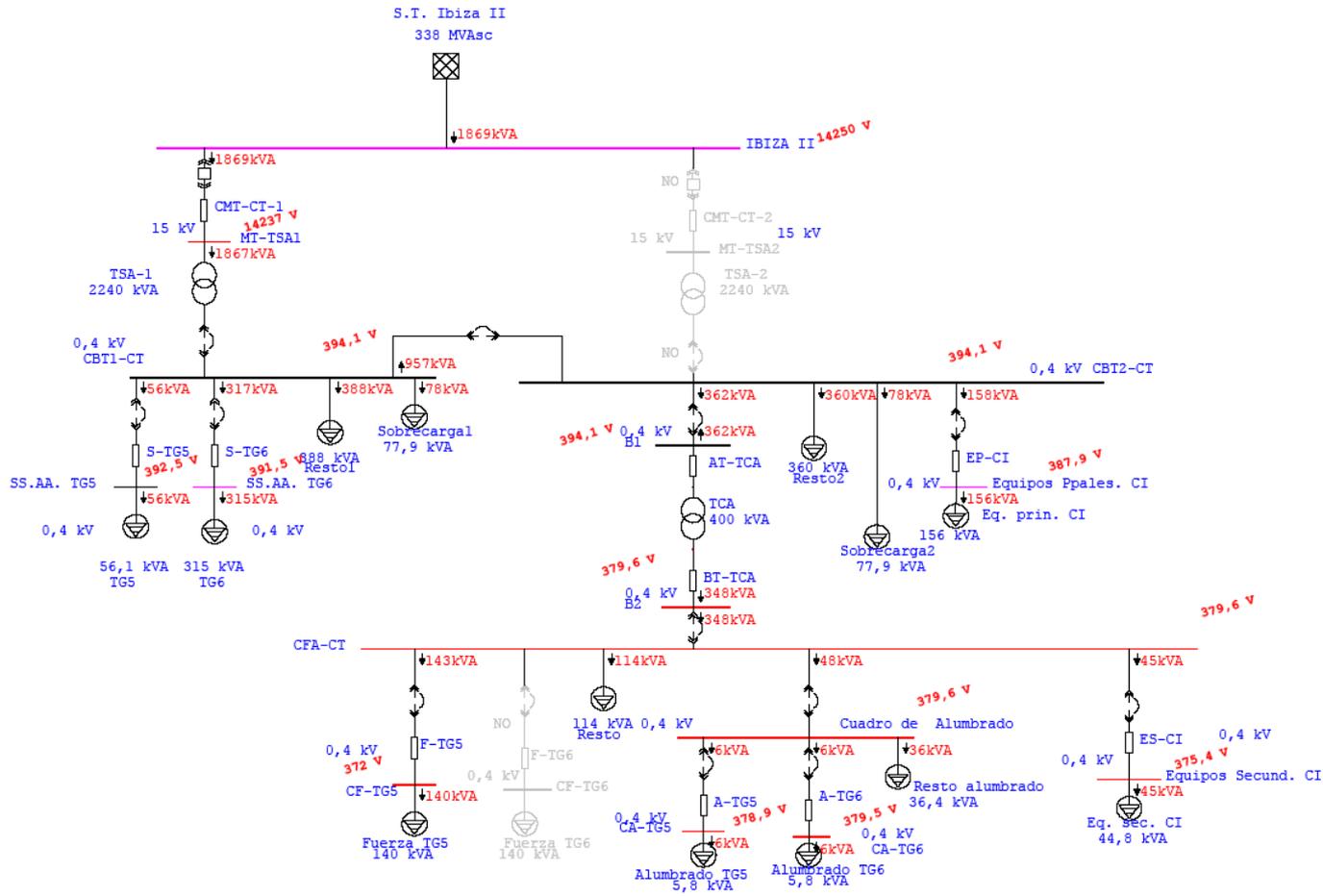
ANEXO V: Régimen de Funcionamiento Extraordinario: $U_{IbizaII} = U_{nom} + 5\%$



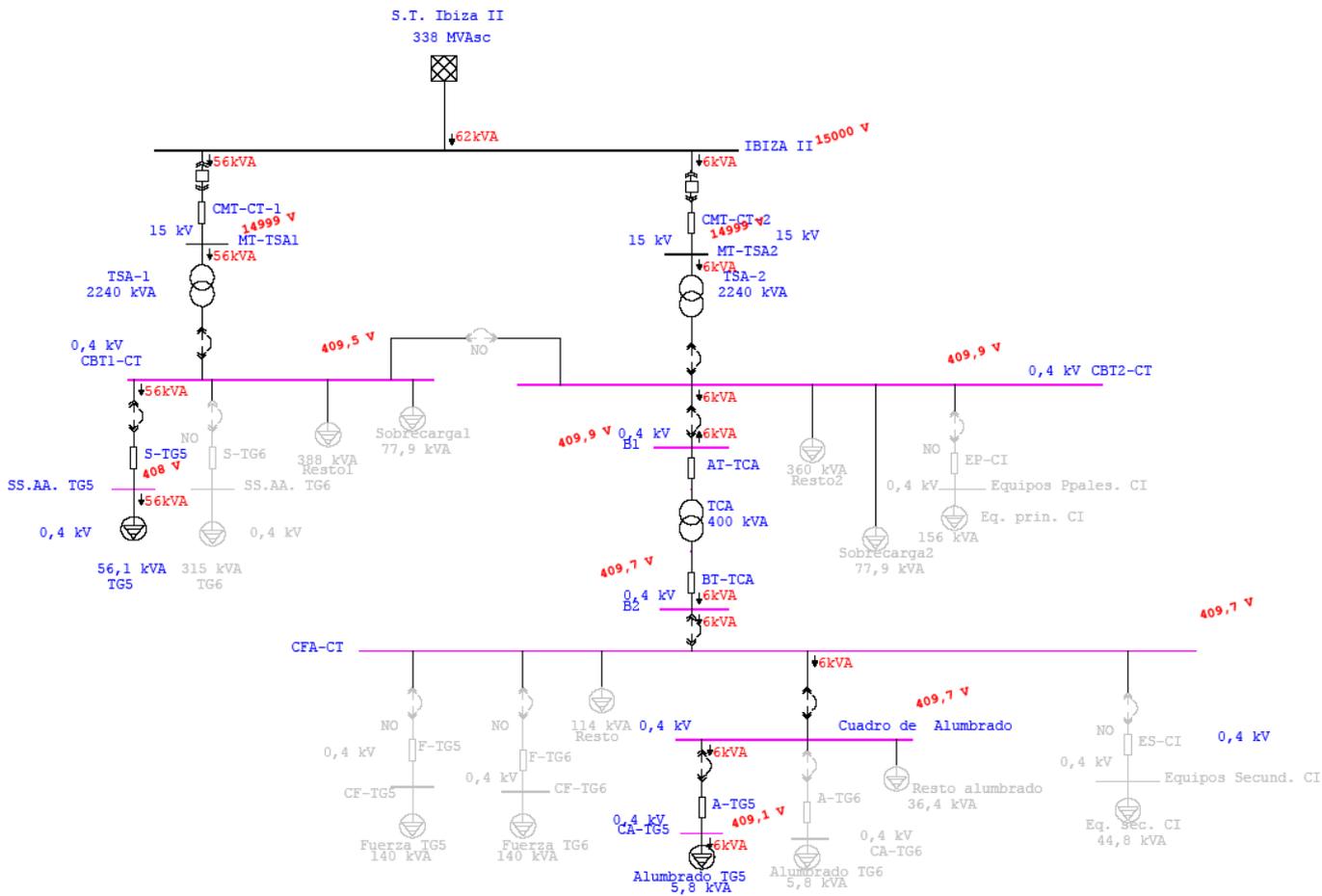
**ANEXO VI-a: Régimen de Funcionamiento Extraordinario: $U_{IbizaII} = U_{nom}-5\%$
 (TSA en toma central)**



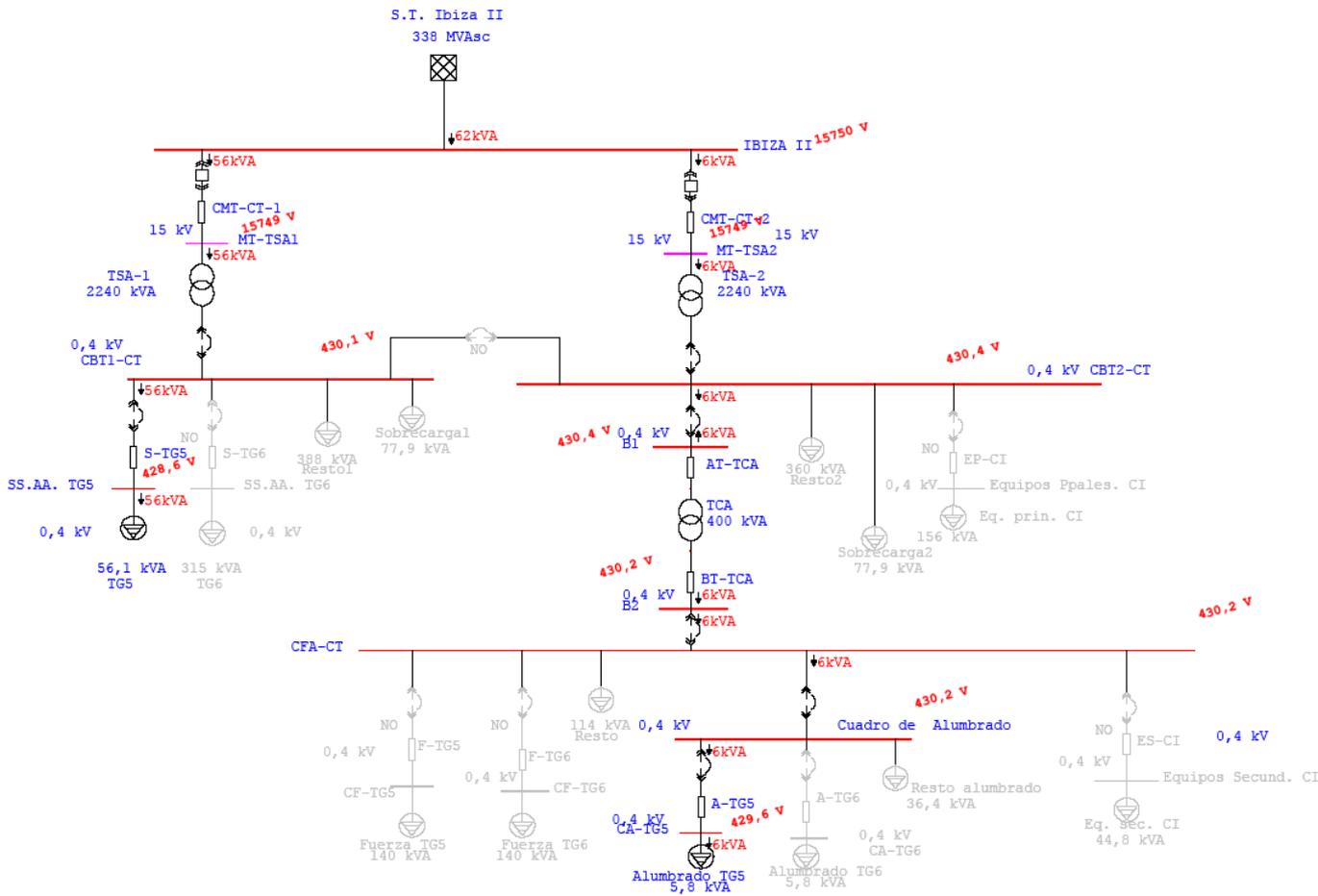
**ANEXO VI-b: Régimen de Funcionamiento Extraordinario: $U_{IbizaII} = U_{nom}-5\%$
 (TSA en toma -2)**



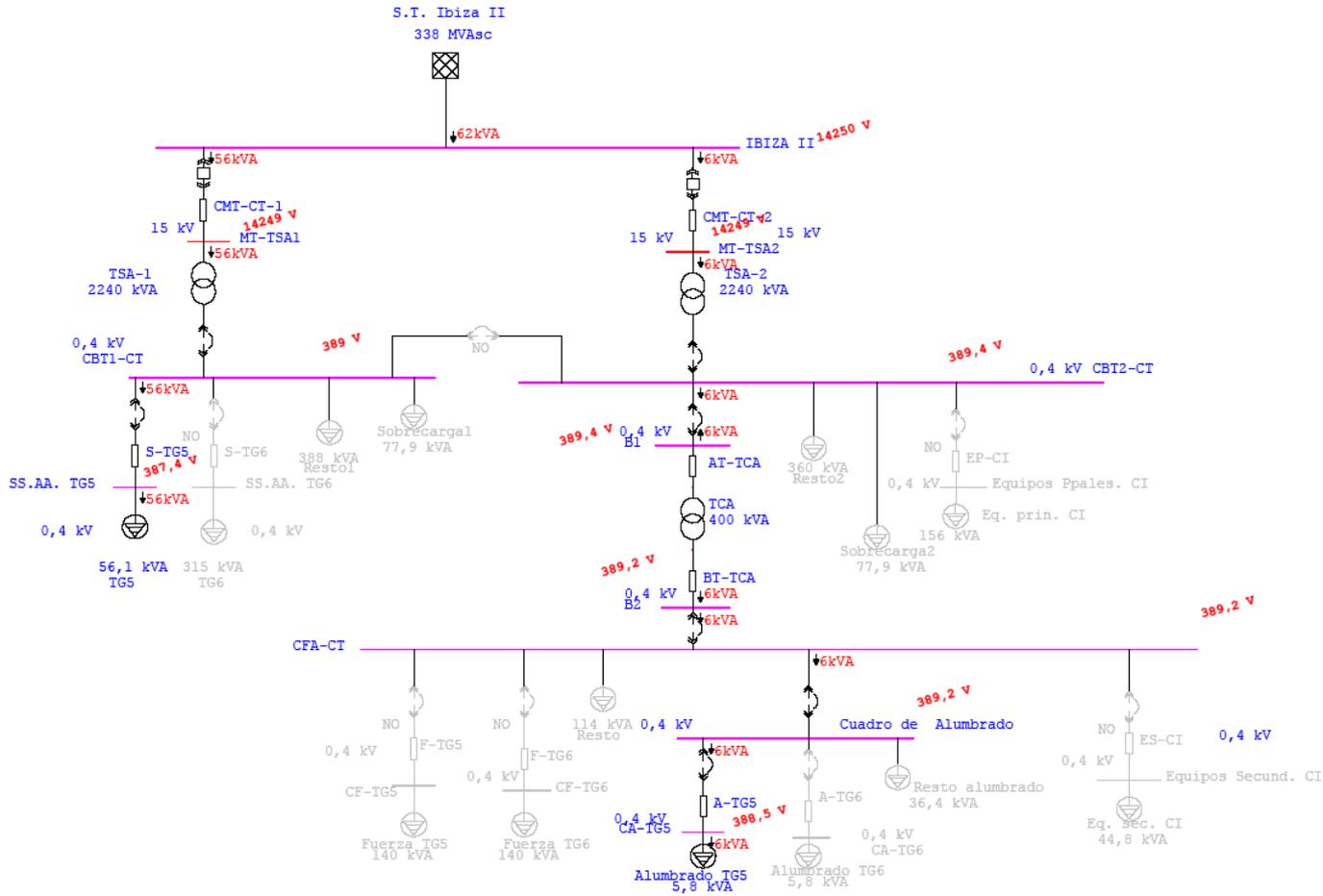
ANEXO VII: Régimen de Carga Mínima: $U_{IbizaII} = U_{nom}$



ANEXO VIII: Régimen de Carga Mínima: $U_{IbizaII} = U_{nom} + 5\%$



ANEXO IX: Régimen de Carga Mínima: $U_{IbizaII} = U_{nom} - 5\%$



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica

ANEXO A LA MEMORIA
ESTUDIO DE TIERRAS

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2009

INDICE

1.	OBJETO DEL ESTUDIO.....	3
2.	DOCUMENTACIÓN UTILIZADA Y PREMISAS DEL CÁLCULO.....	4
3.	PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO DE TIERRAS DEL CT-SAT.....	5
4.	CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS DEL CT-SAT.....	6
4.1.	DATOS DE PARTIDA.....	7
4.1.1.	Datos nominales del CT-SAT	7
4.1.2.	Datos preliminares de la red de tierras.....	9
4.2.	Dimensionamiento del conductor	9
4.2.1.	Dimensionamiento según IEEE 80	9
4.2.2.	Dimensionamiento según MIE-RAT 13	11
4.3.	Cálculo de las tensiones de paso y de contacto admisibles	11
4.3.1.	Dimensionamiento según IEEE 80	12
4.3.2.	Dimensionamiento según MIE-RAT 13	12
4.4.	Datos geométricos de la malla de puesta a tierra.....	13
4.5.	Cálculo de los valores de malla	13
4.5.1.	Dimensionamiento según IEEE 80	13
4.5.2.	Dimensionamiento según MIE-RAT 13	14
4.6.	Comparación de la tensión de paso de la malla con la tensión de paso admisible.....	15
4.7.	Comparación de las tensiones de contacto de malla con la tensión de contacto admisible	15
5.	DATOS DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA DE TG6.....	17
6.	CONCLUSIONES	18
	ANEXO I: CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE DEFECTO MONOFÁSICO A TIERRA.....	19
	ANEXO II: CÁLCULO, DE MALLA, DE PUESTA A TIERRA DE CT-SAT (OBVIANDO INSTALACIÓN DE PaT DE TG6)	21

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El presente documento tiene por objeto el estudio, cálculo y diseño de la Instalación de puesta a tierra que debe implantarse en el nuevo Centro de Transformación de servicios auxiliares (SS.AA.) de turbinas, CT-SAT, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento en todas las condiciones y garantizar la seguridad de las personas en todos los lugares donde tienen acceso, así como la protección e integridad de los equipos del CT-SAT.

Debido a la presencia física de la Red de puesta a tierra, de la Turbina de Gas, TG6, en el área de implantación del nuevo CT-SAT y puesto que dicha Instalación se encuentra implantada, se diseñará la Red de puesta a tierra, *PaT*, del CT-SAT teniendo en cuenta la existencia de la Red de PaT de TG6.

2. DOCUMENTACIÓN UTILIZADA Y PREMISAS DEL CÁLCULO

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- “Guide for safety in AC substation grounding, edición 2000)” IEEE 80-2000.
- Método **UNESA** de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para Centros de Transformación.
- Documento de cálculo de estudio de cortocircuito.
- Plano de la red de tierras de CT-SAT,

3. PROCEDIMIENTO DEL ESTUDIO DE TIERRAS DEL CT-SAT

Debido a la existencia de la Red de Tierras de la turbina TG6, en el área de implantación del nuevo Centro de Transformación, CT-SAT, el diseño y cálculo para la Instalación de puesta a tierra del CT-SAT debe realizarse teniendo en cuenta la de TG6, pues dicha Instalación de puesta a tierra ya se encuentra implantada.

Se propone el siguiente procedimiento:

- *Obviar* la existencia de la Red de puesta a tierra de TG6.
- Calcular, mediante la herramienta informática ETAP, la Instalación de puesta a tierra en el CT-SAT, mediante la recomendación determinada por la normativa IEEE 80-2000.
Para realizar dicho cálculo, se considerará que las condiciones del terreno son equivalentes a las condiciones del terreno que existen en la zona de implantación de la turbina de gas TG5, considerando dicho terreno como representativo de la Central.
- Comparar los resultados obtenidos con, los datos reales, de la Instalación de PaT de TG6:
 - Si los resultados obtenidos son menos favorables que en el caso de la Instalación de PaT de TG6, se establecerá que la Red de puesta a tierra de TG6 se constituye como única, y la Instalación de PaT del CT-SAT se conformará mediante un anillo perimetral, al mismo, unido mediante latiguillos a la Red de PaT de TG6.
 - Si los resultados obtenidos fuesen más favorables, debería valorarse la conveniencia, o no, de constituirse la red de PaT del CT-SAT independiente de la Instalación, homónima, de TG6.

4. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS DEL CT-SAT

Iniciando el procedimiento de estudio indicado, anteriormente, se determinará en primer lugar una instalación de puesta a tierra para el CT-SAT obviando la existencia de la Instalación de puesta a tierra de TG6.

Para calcular la Instalación de puesta a tierra del CT-SAT se establecerán las siguientes condiciones:

- Se dotará a la instalación de una malla de tierras enterrada a 0,50 m de profundidad, que permita reducir las tensiones de paso y de contacto a niveles admisibles, asegurando la integridad física de cualquier persona que se encuentre en el interior o en el exterior de las instalaciones.
- Todos los elementos metálicos de la instalación estarán unidos al sistema de puesta a tierra, dando cumplimiento a las exigencias descritas en la ITC-13 MIE-RAT del “Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”.
- Por ello se considera que debe haber una homogeneidad completa de igualdad equipotencial en los equipos instalados y en la zona ocupada con protección máxima, por ello, eléctricamente, todos los equipos, estructuras, forjados y demás elementos con componentes metálicas estarán unidos a la malla de tierras que cubra la zona.
- Será necesario realizar el dimensionamiento de la malla desde el punto de vista de las tensiones de paso y de contacto aplicadas que puedan aparecer en el interior de cada instalación, tensiones que deben ser inferiores a las que marca el Reglamento.

Como premisas de cálculo se establecerá que:

- Las mallas se calcularán para determinar unas condiciones que permitan asegurar las tensiones de seguridad y de protección, en paso y en contacto independientemente de que se unan a otras mallas existentes. Lo cual redundará en mejores condiciones de seguridad.
- La zona considerada de tendido de malla será la propia zona de equipos e instalaciones, incluyendo zonas de paso y viales próximos.
- Salvo que las condiciones lo exijan, las mallas se calcularán sin la utilización de picas que aporten mayor capacidad de disipación de falta.
- Con ello se asegura una protección en las condiciones más sencillas y se deja el uso de picas para colocar en extremos y uniformizar la malla,

redundando en mayor seguridad. También se las reserva para instalarlas suplementariamente, caso de que las tensiones finales no fuesen las previstas, como medida correctora.

- Al estar todas las mallas específicas unidas entre si y a tierra de la Central, el improbable caso de defecto bifásico franco en extremos de líneas no va a causar la aparición de tensiones de paso y contacto peligrosas, por lo que no se considerarán para el dimensionamiento de la malla. Pero, por otro lado, si será considerada esta intensidad de cortocircuito para el dimensionamiento del cable de la red de tierras, al considerar que puede ser el conductor de conexión del cortocircuito bifásico.
- Se supone que la Central dispone de una malla de tierras general, con extensión a toda su superficie y en todas las subestaciones, viales, edificios eléctricos y de diversa índole e instalaciones complementarias. A esta malla general se unirán, obligatoriamente, todas las mallas específicas, a fin de tener mayor respaldo y seguridad, así como evitar la transferencia de tensiones peligrosas desde una malla a otra próxima.

A continuación se detallan los cálculos realizados siguiendo las recomendaciones de la guía IEEE, “Guide for safety in AC substation grounding, edición 2000)” para el dimensionamiento de la red de tierras inferiores. Cuando se presente una fórmula en el informe, al lado suya aparecerá una nota con la referencia de la correspondiente en la guía para facilitar el seguimiento del cálculo.

4.1. DATOS DE PARTIDA.

4.1.1. Datos nominales del CT-SAT

En la siguiente tabla se muestran los valores nominales, de tensión y frecuencia, así como otros valores eléctricos fundamentales, en Barras del nuevo Centro de Transformación y que son necesarios para el cálculo de la Red de puesta a tierra del nuevo CT-SAT.

INSTALACIÓN:	CT-SAT		
	MT-TSA's	CBT-CT	CFA-CT
- Barras			
- Tensión nominal:	15 kV	0,4 kV	0,4 kV
- Frecuencia:	50 Hz	50 Hz	50 Hz
- Intensidad de defecto, monofásico, máxima, en Instalación de PaT	0 A	5 A (*)	14,78 A
- Tiempo de despeje de falta (ts):	0,5 s	0,5 s	0,5 s
- Régimen de neutro:	Neutro aislado	Resistencia de alto valor	Rígido a tierra

(*) Limitada por impedancia de Neutro en los transformadores TSA-1 y TSA-2.

4.1.2. Datos preliminares de la red de tierras

	CT-SAT
- Profundidad de la malla (h):	0,5 m
- Espesor de la capa superficial (hs):	0,2 m
- Resistividad media de capa superficial del terreno (ρ):	225,6 Ω .m
- Resistividad superficial del terreno (ρ_s):	3000 Ω .m
- Sección del conductor de tierra (cobre):	185 mm ²
- Diámetro del conductor de tierra (d):	15,35 mm
- Área a proteger	14x6 m ² (*)

(*) Área del CT-SAT y de la zona perimetral de seguridad.(0,5m por lado)

4.2. Dimensionamiento del conductor

Como se ha explicado anteriormente, la corriente máxima que se va a considerar en cuanto al dimensionamiento del conductor corresponde a la producida por una falta bifásica.

4.2.1. Dimensionamiento según IEEE 80

En la guía IEEE se establece un método para la determinación de la sección mínima del conductor de la malla de tierras según la intensidad que circulará por ella. En el caso que nos ocupa, la sección del conductor ya está determinada en los criterios generales de diseño de sistemas eléctricos para aguantar esfuerzos dinámicos, eléctricos y mecánicos, por lo que simplemente se verificará que el conductor de 185 mm² soportará las intensidades de cortocircuito en cada caso.

De ésta forma, la sección mínima de las líneas de tierra o conductores de tierra se podrá calcular de la siguiente forma:

$$S = I \cdot \sqrt{\frac{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}{TCAP \cdot \ln\left(\frac{k_0 + T_m}{k_0 + T_a}\right)}} \quad (\text{Ec. 37-IEEE 80})$$

Donde:

- Intensidad de falta Bifásica (CT-SAT/IBII)	I=11,25 kA(*)
- Intensidad de falta Bifásica (CT-SAT/TG5)	I=54,6 kA(*)
- Tiempo de duración de la falta	tc = 0,5 s
- Coeficiente térmico de resistividad a la temperatura de referencia 20° C	$\alpha_r = 0,00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Resistividad del conductor a la temperatura de referencia 20 ° C	$\rho_r = 1,72 \text{ } \mu\Omega/\text{cm}$
- Factor de capacidad térmica	TCAP = 3,42
- K0 = 1/ a0 (con a0 = Coeficiente térmico de resistividad a 0 ° C)	K0 = 234 ° C
- Temperatura máxima permisible en el conductor	Tm = 200 ° C
- Temperatura ambiente.	Ta = 40 ° C

(*)Se tomará como corriente de falta bifásica, máxima entre las mallas de puesta a tierra del CT-SAT y la de interconexión, $I_{2\phi}$, a la calculada mediante la expresión: $I_{2\phi} \cong \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{3\phi}$, según CEI 60909, donde $I_{3\phi}$ será la corriente, máxima, de cortocircuito trifásico.

El cálculo de cortocircuito trifásico puede consultarse, más detalladamente, en el documento de Estudio de Cortocircuito.

Estos parámetros toman los valores anteriormente indicados para el tipo de conductor empleado en la malla de puesta a tierra que es el cobre.

Sustituyendo en la expresión anterior las constantes anteriores y el valor de la corriente de cortocircuito que circulará por la malla se obtiene el valor de dicha sección, 52,15 mm², en el caso de la interconexión entre las instalaciones de puesta a tierra del CT-

SAT y la subestación de Ibiza II. Por tanto un solo conductor de cobre de 185 mm^2 será suficiente para soportar la falta bifásica entre las dos redes de tierra consideradas.

En el caso de la interconexión con la red de puesta a tierra de TG5, se comprueba que la sección mínima calculada es mayor que la sección normalizada, que se usa en la instalación de puesta a tierra (185 mm^2) siendo la sección resultante de $253,1 \text{ mm}^2$. Por lo que para asegurar la instalación, y teniendo en cuenta la falta bifásica, se deberá repartir mediante dos cables unitarios, paralelos, de 185 mm^2 cada uno, garantizando así una sección de 370 mm^2 mayor que la mínima necesaria.

4.2.2. Dimensionamiento según MIE-RAT 13

Según MIE-RAT13-3 con conductores de cobre no se deberá superar una densidad de corriente de 160 A/mm^2 para una temperatura final de 200°C , también se admite una densidad de corriente de 192 A/mm^2 para una temperatura final de 300°C si no existe riesgo de incendio.

La intensidad máxima admisible con una temperatura final de 200°C para los conductores de 185 mm^2 que forman la red de tierras será:

$$I_{\max} = 185 \times 160 = 29,60 \text{ kA}$$

La intensidad máxima admisible con una temperatura final de 300°C será:

$$I_{\max} = 185 \times 192 = 35,52 \text{ kA}$$

Al igual que en el caso anterior, se comprueba que la sección mínima calculada es mayor que la sección normalizada en el caso de interconexión con la red PaT de TG5. Por lo que para asegurar la instalación, y teniendo en cuenta la falta bifásica, se deberá repartir mediante dos cables unitarios, paralelos, de 185 mm^2 cada uno, garantizando así una sección de 370 mm^2 mayor que la mínima necesaria

4.3. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto admisibles

La seguridad de las personas que se puedan encontrar en las inmediaciones de una instalación en la que se ha producido una falta depende de una cantidad crítica de energía que puede absorber el cuerpo humano antes de que dicha falta sea despejada.

De ésta forma se establecen unos límites de tensión de paso y tensión de contacto admisibles, definidos para una persona con un peso medio de 70 Kg. , los cuales se calcularán del siguiente modo:

4.3.1. Dimensionamiento según IEEE 80

$$E_p = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (\text{Ec. 30-IEEE 80})$$

$$E_c = (1000 + 1.5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} \quad (\text{Ec. 33-IEEE 80})$$

Donde C_s es un coeficiente que servirá para tener en cuenta el efecto de la capa superficial en el terreno de la malla de puesta a tierra, en éste caso hormigón, y se calcula del siguiente modo:

$$C_s = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0.09} \quad (\text{Ec. 27-IEEE 80})$$

Los valores necesarios para los cálculos anteriores pueden verse en el epígrafe “Datos preliminares de la red de tierras”.

Los valores de C_s y de las tensiones de paso y de contacto admisibles para cada zona de puesta a tierra son los siguientes:

	CT-SAT
- C_s :	0,83
- Tensión de paso admisible (E_p):	3.539,7 V
- Tensión de contacto admisible (E_c):	1.051,5 V

4.3.2. Dimensionamiento según MIE-RAT 13

Según MIE-RAT 13 la tensión de paso máxima admisible será:

$$V_p = \frac{10 \cdot K}{t^n} \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000} \right)$$

$$t = 0,5 \text{ s}$$

$$K = 72 \text{ para } t < 0,9 \text{ s}$$

$$n = 1 \text{ para } t < 0,9 \text{ s}$$

$$\rho_s = 3000 \Omega \cdot m$$

$$V_p = 27.360 \text{ V}$$

Según MIE-RAT 13 la tensión de contacto máxima admisible será:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1.5 \cdot \rho_s}{1000} \right)$$

$$t = 0,5 \text{ s}$$

$$K = 72 \text{ para } t < 0,9 \text{ s}$$

$$n = 1 \text{ para } t < 0,9 \text{ s}$$

$$\rho_s = 3000 \Omega \cdot m$$

$$V_c = 792 \text{ V}$$

En el caso de la tensión de paso, es más desfavorable el valor obtenido mediante el procedimiento IEEE, mientras que en el caso de la tensión de contacto es más desfavorable el valor que determina el reglamento MIE-RAT, por tanto se establecerán los siguientes valores máximos en las tensiones de paso y contacto admisibles:

	CT-SAT
- Tensión de paso máxima admisible ($E_{p\text{máx}}$)	3.539,7 V
- Tensión de contacto máxima admisible ($E_{c\text{máx}}$):	792 V

4.4. Datos geométricos de la malla de puesta a tierra

La red de puesta a tierra de CT-SAT ha sido modelizada mediante el programa de cálculo de mallas de puesta a tierra mediante elementos finitos del programa ETAP 6.0. Las características geométricas de la misma se pueden comprobar en el Anexo II.

4.5. Cálculo de los valores de malla

4.5.1. Dimensionamiento según IEEE 80

Para calcular la resistencia de la malla de puesta a tierra, la expresión a emplear es la indicada es la siguiente:

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{20/A}} \right) \right] \quad (\text{Ec. 52-IEEE 80})$$

luego, se tiene:

	CT-SAT
- Resistividad del terreno (ρ):	225,6 $\Omega \cdot \text{m}$
- Longitud total de conductor (L_T):	40 m
- Área a proteger (A):	84 m ²
- Resistencia de malla (R):	15,56 Ω

4.5.2. Dimensionamiento según MIE-RAT 13

Calcularemos la resistencia de tierra según MIE-RAT 13:

$$R_t = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L}$$

	CT-SAT
- Resistividad del terreno (ρ):	225,6 $\Omega \cdot \text{m}$
- Longitud total de conductor (L_T):	40 m
- Área a proteger (A):	84 m ²
- Altura de la malla:	0,5 m
- Radio de la superficie equivalente (r):	5,17 m
- Resistencia de puesta a tierra (R_t):	16,6 Ω

4.6. Comparación de la tensión de paso de la malla con la tensión de paso admisible

Según la guía IEEE, la tensión de paso que presenta la malla de tierras al paso de la corriente de defecto es la siguiente:

$$E_s = \frac{\rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot I_G}{L_s} \quad (\text{Ec. 92-IEEE 80})$$

No obstante, conforme a los resultados de cálculo, según la herramienta informática ETAP, los resultados obtenidos son:

	CT-SAT
- Tensión de paso en la malla (Es):	38,3
- Tensión de paso admisible (Ep):	3.539,5

Esta tensión de malla se deberá comparar con la tensión de contacto admisible calculada en el apartado “Cálculo de las tensiones de paso y de contacto admisibles”.

Como se puede comprobar, la tensión de paso en la malla es inferior a la tensión de contacto admisible, por lo que, por el momento, la red de tierras es válida para la instalación.

4.7. Comparación de las tensiones de contacto de malla con la tensión de contacto admisible

Según la guía IEEE, las tensiones que presenta la malla de tierras al paso de la corriente de defecto es la siguiente:

$$E_m = \frac{\rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot I_G}{L_M} \quad (\text{Ec. 80-IEEE 80})$$

No obstante, conforme a los resultados de cálculo, según elementos finitos, los resultados obtenidos son:

	CT-SAT
- Tensión de malla (Em):	88,3 V
- Tensión de contacto admisible (Ec):	792 V

Esta tensión de malla se deberá comparar con la tensión de contacto admisible calculada en el apartado “Cálculo de las tensiones de paso y de contacto admisibles”.

Como se puede comprobar, la tensión de paso en la malla es inferior a la tensión de contacto admisible y puesto que la tensión de paso, calculada, también era inferior al valor permitido se concluye: que la malla de puesta a tierra, calculada, es válida para el Centro de Transformación.

5. DATOS DE LA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA DE TG6

Continuando con el procedimiento del estudio, propuesto en el epígrafe 3 de este documento, y una vez calculada la Instalación de puesta a tierra del CT-SAT, considerando la inexistencia de la Instalación de puesta a tierra implantada en el área de TG6, se compararán dichos resultados con esta última.

La siguiente tabla-resumen compara los valores más significativos de las dos (2) Instalaciones de puesta a tierra: la calculada para el CT-SAT y la existente de TG6.

	CT-SAT	TG6(*)
- Intensidad, máxima de defecto:	14,78 A	2 kA
- Resistencia de puesta a tierra:	15,56 Ω	0,456 Ω
- Tensión de Paso admisible:	3.539,7 V	9.940 V
- Tensión de Contacto admisible:	792 V	3.235 V

(*) Los valores de puesta a tierra de TG6, son reales, siendo proporcionados por La Sociedad explotadora de la Central.

A la vista de los resultados, se comprueba rápidamente que la Instalación de puesta a tierra de TG6 es superior en posibilidades a la calculada para el CT-SAT.

6. CONCLUSIONES

Puesto que la Instalación de puesta a tierra, existente, de TG6 es superior a la calculada para el nuevo CT-SAT se dotará al nuevo Centro de Transformación de Servicios Auxiliares de Turbina, CT-SAT, de una Instalación de puesta a tierra, consistente en un anillo perimetral, a una distancia $d=0,5m$, a dicho Centro. Dicho anillo se enterrará a una profundidad de $0,5 m$, y se unirá por medio de latiguillos a la malla de puesta a tierra, implantada, de la turbina TG6.

Conforme a las recomendaciones propuestas por UNESA que establece que dicha unión debe realizarse en, al menos, dos puntos opuestos del anillo perimetral, se realizará la interconexión entre el anillo perimetral, del CT-SAT, y la malla de puesta a tierra de TG6 en cuatro (4) puntos del anillo, del CT-SAT, a fin de aumentar la seguridad.

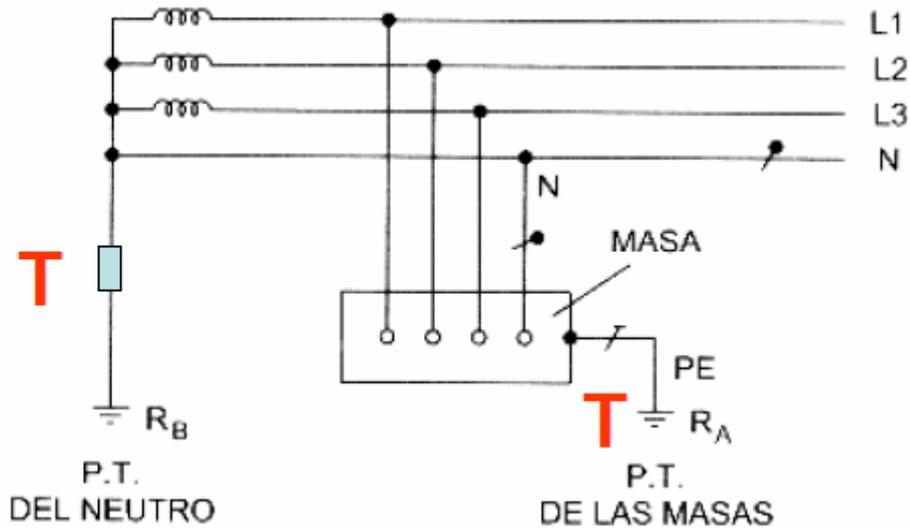
Así mismo, cumpliendo con la normativa vigente, todos los elementos y equipos metálicos de la instalación del CT-SAT deberán estarán unidos a dicho anillo perimetral, dando cumplimiento a las exigencias descritas en la ITC-13 MIE-RAT del “Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación”.

Respecto a la Interconexión entre las redes de puesta a tierra del CT-SAT y de otras Instalaciones de la Central se realizarán, conforme a lo establecido al punto 4.2 de este documento, que se muestra a modo resumido:

	Conductor
- Interconexión con red de PaT de Ibiza II	1 x 185 mm ² Cu
- Interconexión con red de PaT de TG5:	2 x 185 mm ² Cu

ANEXO I: CÁLCULO DE LA INTENSIDAD MÁXIMA DE DEFECTO MONOFÁSICO A TIERRA.

De acuerdo con la normativa vigente así como por las recomendaciones de UNESA, la Instalación de PaT del Centro de Transformación, se configura en Sistema de Neutro TT como se muestra en la figura:

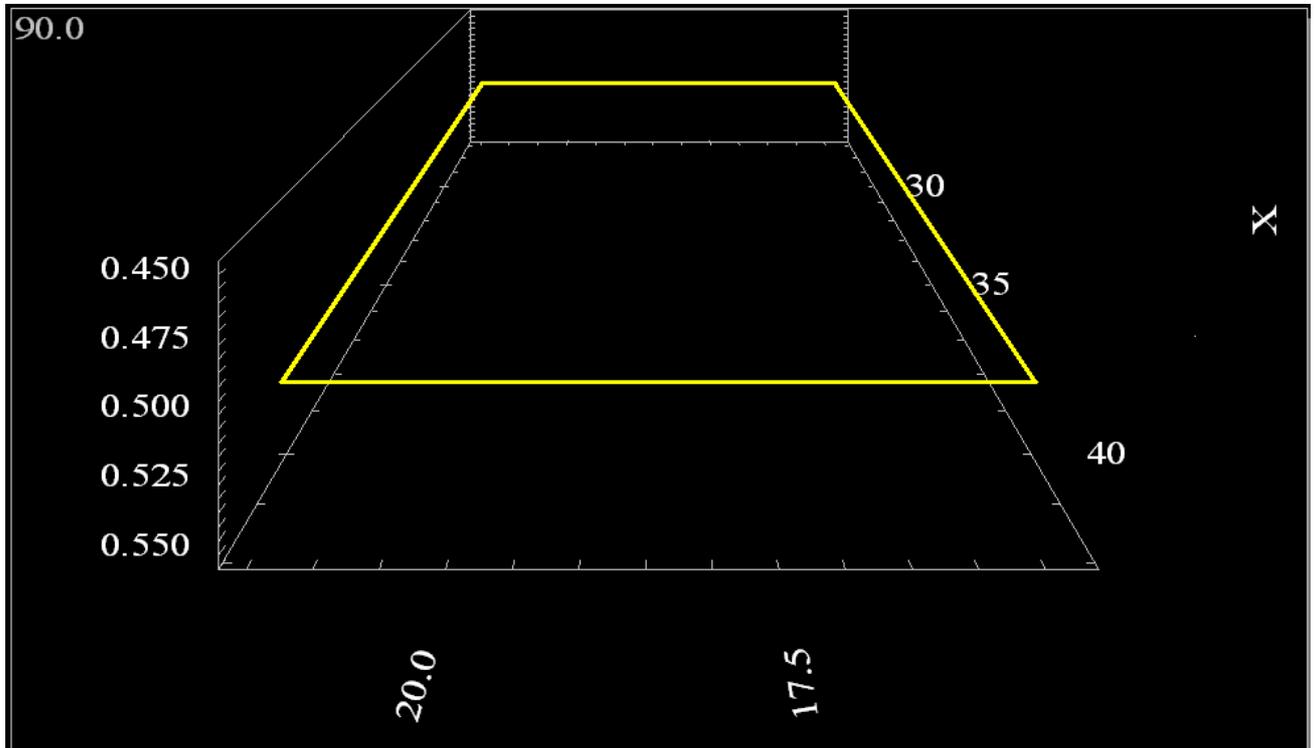


Luego, la máxima Intensidad de defecto monofásico, I_d , que circulará por la Instalación de PaT, vendrá determinada por la expresión:

$$I_d = \frac{U_{FN}}{R_{PaT} + R_{ntrafo}} \xrightarrow{R_{ntrafo}=0} I_d = \frac{U_{FN}}{R_{PaT}} = \frac{230V}{15,56\Omega} = 14,78A$$

ANEXO II: CÁLCULO, DE MALLA, DE PUESTA A TIERRA DE CT-SAT (OBVIANDO INSTALACIÓN DE PaT DE TG6)

-Disposición Física



Project: CT-SAT
Location: C.D. Ibiza
Contract:
Engineer: NIPSA

ETAP
6.0.0C
Study Case: GRD1

Page: 1
Date: 03-04-2009
SN: INGESTDPRY
Filename: CT SSAA

Electrical Transient Analyzer Program

Ground Grid Systems

IEEE Std 80-2000

Number of Ground Conductors: 4
Number of Ground Rods: 0
Total Length of Ground Conductors: 40.00 m
Total Length of Ground Rods: 0.00 m

Frequency: 50,0
Unit System: Metric
Project Filename: CT SSAA

Output Filename: I:\Interno (proyecto)\Cálculos\Cálculos en Programas\Cal_Etap\CT
SSAA\Grid1_Untitled.GR1

Project: CT-SAT
 Location: C.D. Ibiza
 Contract:
 Engineer: NIPSA

ETAP
 6.0.0C

Study Case: GRD1

Page: 2
 Date: 03-04-2009
 SN: INGESTDPRY
 Filename: CT SSAA

Ground Grid Input Data

System Data:

Freq. Hz	Weight kg	Ambient Temp. °C	Short-Circuit Current				Fault Duration (Seconds)		
			Total Fault Current kA	X/R	Sf Division Factor %	Cp Projection Factor %	Tf for Total Fault Duration	Tc for Sizing Ground Conductors	Ts for Available Body Current
50,0	70	40,00	0.015	5.55	100.0	100.0	0.50	0.50	0.50

Soil Data:

Surface Material			Upper Layer Soil			Lower Layer Soil	
Material Type	Resistivity W.m	Depth m	Material Type	Resistivity W.m	Depth m	Material Type	Resistivity W.m
Clean limestone	3000.0	0.200	Moist soil	225.6	5.00	Moist soil	225.6

Material Constants:

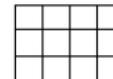
Conductor/Rod	Type	Conductivity %	ar Factor @ 20 °C 1/°C	K0 @ 0 °C	Fusing Temperatur °C	Resistivity of Ground Conductor @ 20°C mW.cm	Thermal Capacity Per Unit Volume J/(cm³.°C)
Conductor & Rod	Copper, annealed soft-drawn	100.0	0.00393	234.0	1083.0	1.72	3.42

Rod Data:

Diameter cm	Length m	No. of Rods	Arrangement	Cost \$/Rod
2.000	10.00	0	Rods Throughout Grid Area	100.00

Grid Configuration:

Conductor Size mm²	Depth m	Grid Length m		Number of Conductors		Separation m		Cost \$/m
		Lx	Ly	in X Direction	in Y Direction	in X Direction	in Y Direction	
185	0.50	14.00	6.00	2	2	14.0	6.0	10.00



Shape:
Rectangular

Cost:

Conductor			Rod			Total Cost \$
Total No.	Total Length	Cost \$	Total No.	Total Length	Cost \$	
4	40.00	400.00	0	0.00	0.00	400.00

Project: CT-SAT
 Location: C.D. Ibiza
 Contract:
 Engineer: NIPSA

ETAP
 6.0.0C

Study Case: GRD1

Page: 3
 Date: 03-04-2009
 SN: INGESTDPRY
 Filename: CT SSAA

Ground Grid Summary Report

Rg Ground Resistance Ohm	GPR Ground Potential Rise Volts	Touch Potential			Step Potential		
		Tolerable Volts	Calculated Volts	Calculated %	Tolerable Volts	Calculated Volts	Calculated %
15.569	237.6	1051.5	88.3	8.4	3539.7	38.3	1.1

Total Fault Current: 0.015 kA Reflection Factor (K): -0.860
 Maximum Grid Current: 0.015 kA Surface Layer Derating Factor (Cs): 0.830
 Decrement Factor (Df): 1.018

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica

ANEXO A LA MEMORIA
CÁLCULO DE ALUMBRADO DEL CENTRO DE
TRANSFORMACIÓN

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2009

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO	3
2. DOCUMENTACIÓN Y PREMISAS DEL CÁLCULO.....	3
3. DATOS PRELIMINARES.....	4
3.1. <i>Criterios de cálculo</i>	4
3.2. <i>Tipo de luminaria a emplear</i>	5
4. RESULTADOS	6
5. CONCLUSIONES.....	7
ANEXO I: PLANO DE ALUMBRADO Y FUERZA DEL CT-SAT	8
ANEXO II: CANALIZACIONES DE LOS CABLES DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT.....	10
ANEXO III: INFORME ALUMBRADO EXTERIOR DEL CT-SAT.....	12
ANEXO IV: INFORME ALUMBRADO INTERIOR DEL CT-SAT.....	28

1. OBJETO DEL ESTUDIO

En el presente documento se mostrará el cálculo del alumbrado exterior para el área de implantación del nuevo centro de transformación de servicios auxiliares SS.AA. (CT-SAT) de implantación futura en la Central de Ibiza, así como el cálculo del alumbrado en el recinto interior de dicho Centro de Transformación.

En los siguientes apartados se mostrará el proceso de selección del tipo de luminaria a instalar, así como los criterios observados para la instalación de este alumbrado. Al final del documento se encontrará dos anexos, correspondientes a los cálculos de alumbrado exterior e interior respectivamente. En dichos anexos aparecerán los cálculos detallados así como los resultados y datos de los mismos.

Los cálculos serán realizados mediante la aplicación para cálculo de alumbrados DIALux 4.6. Los cálculos realizados mediante este programa presentan un apoyo completo para los diseños de iluminación de acuerdo con la “Iluminación de lugares exteriores de trabajo”, que se encuentra en la parte 2 EN 12464 / CIE ISO CEN 8995-2.

2. DOCUMENTACIÓN Y PREMISAS DEL CÁLCULO

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- Criterios generales de diseño de sistemas.
- Plano canalizaciones interiores e implantación de Equipos del Centro de Transformación.
- Plano de Planta General.
- Esquema Unifilar de servicios interiores del Centro de Transformación.
- Plano de Alumbrado y Fuerza del Centro de Transformación.

3. DATOS PRELIMINARES

3.1. Criterios de cálculo

El alumbrado exterior estará controlado mediante una Célula fotoeléctrica, que controlará el funcionamiento en función de la intensidad lumínica exterior.

El alumbrado interior, de la caseta, estará controlado mediante interruptores conmutados, permitiéndose así la posibilidad de encender dicho alumbrado desde diferentes puntos de la habitación.

Los valores utilizados como referencia para los cálculos han sido los siguientes:

➤ *ALUMBRADO EXTERIOR*

- Zona de paso infrecuente: 50 lux
- Coeficiente de uniformidad respecto al valor medio $>0,6$.
- Coeficiente de uniformidad respecto al valor máximo $>0,45$.

➤ *ALUMBRADO INTERIOR*

- Sala Eléctrica: 300 lux
- Coeficiente de uniformidad respecto al valor medio $>0,6$.
- Coeficiente de uniformidad respecto al valor máximo $>0,45$.

En conformidad con lo establecido en los Criterios de Diseño de Sistemas Eléctricos los anteriores valores, serán exigibles, en los resultados de los cálculos de alumbrado.

En la instalación del alumbrado exterior al CT-SAT, las luminarias se situarán lo más próximas a las paredes laterales del Centro, situándolas si es posible adosadas a dichas paredes y en la parte superior de las mismas.

En el caso del alumbrado interior del CT-SAT, las luminarias se situarán, adosadas al techo.

La orientación e inclinación de las luminarias viene especificada en el anexo de cálculos, así como su disposición en la planta de la instalación.

3.2. Tipo de luminaria a emplear

Para el alumbrado exterior del CT-SAT, se ha realizado el cálculo mediante el empleo de luminarias de una potencia, unitaria, de 70 W, mientras que en el caso del alumbrado interior del CT-SAT se ha realizado el cálculo, de dicho alumbrado, empleando luminarias de 2x49 W.

Dichos valores de luminarias se seleccionaron con el fin de conseguir los niveles de iluminación y coeficientes de uniformidad requeridos en función de los valores exigidos según tipo de alumbrado: exterior o interior.

Así mismo se han tenido en cuenta otros factores, en el cálculo, tales como las superficies de trabajo.

Las lámparas empleadas y la carcasa requerida en cada uno de los casos son las siguientes:

ALUMBRADO EXTERIOR DEL CT-SAT			
Lámpara	Carcasa	Difusor	Nº de lámparas
CDM T35W	DECOFLOOD MVF616	P5	10

ALUMBRADO INTERIOR DEL CT-SAT				
Zona/Superficie. de Trabajo	Lámpara	Carcasa	Difusor	Nº de lámparas
Cabinas BT	2 x TL5-35 W	TMX204	+GMX555 WB	2
Pasillo Central	2 x TL5-35 W	TMX204	+GMX555 WB	4
Cuadro de Fuerza y Alumbrado	2 x TL5-35 W	TMX204	+GMX555 WB	3
TOTAL:				9

4. RESULTADOS

A continuación se resumen en las siguientes tablas los resultados de los estudios de alumbrado, estando estos estudios expuestos completamente en los anexos de cálculos correspondientes.

ALUMBRADO EXTERIOR DEL CT-SAT				
E_m (lx)	E_{min} (lx)	E_{max} (lx)	E_{min}/E_m	E_{min}/E_{max}
97	59	130	0,606	0,456

ALUMBRADO INTERIOR DEL CT-SAT					
Zona/Superficie de trabajo	E_m (lx)	E_{min} (lx)	E_{max} (lx)	E_{min}/E_m	E_{min}/E_{max}
Cabinas BT	423	326	517	0,771	0,632
Pasillo Central	491	388	567	0,79	0,684
Cuadro de Fuerza y Alumbrado	424	310	541	0,731	0,572

5. CONCLUSIONES

Como se puede observar a la vista de los resultados obtenidos, tanto en el caso del cálculo de alumbrado exterior como en el caso del alumbrado interior se cumplen los requisitos de validez, establecidos en los Criterios de Diseño, y recordados en el apartado 3.1 de este documento.

Debe tenerse en cuenta, además, que en el caso del alumbrado exterior de la caseta del CT-SAT, que la proximidad física del alumbrado, exterior, de la turbina de gas TG6 aumentará la iluminación en la zona exterior a dicha caseta.

Así mismo, podrá comprobarse en los anexos al documento, mediante diferentes diagramas de cálculo, representativos, como los diagramas de Isolíneas y los diagramas de Grises que la distribución del alumbrado en las diversas superficies de trabajo es altamente uniforme.

Por todo ello, se recomienda utilización de lámparas de 35W y lámparas fluorescentes de 2 x 35 W según corresponda, dependiendo de que el alumbrado sea exterior o interior, así como de realizar un montaje y una orientación de las luminarias de forma similar a la planteada pues aparte de proporcionar alta intensidad lumínica, adecuada para la instalación, que se considera, se obtienen altos coeficientes de uniformidad.

ANEXO I: PLANO DE ALUMBRADO Y FUERZA DEL CT-SAT

Ver plano de Alumbrado y Fuerza del Centro de Transformación.

ANEXO II: CANALIZACIONES DE LOS CABLES DE FUERZA Y ALUMBRADO DEL CT-SAT

Determinación de canalizaciones de Alumbrado y Fuerza

➤ *Datos Nominales de los Cables:*

CABLE	SERVICIO	SECCIÓN (nominal)	Φ_{ext} (mm)	SECCIÓN CABLE
AE-CT	Alumbrado Exterior	4 x 2,5 mm ² Cu	11,8	109,36 mm ²
AI-CT	Alumbrado Interior	4 x 2,5 mm ² Cu	11,8	109,36 mm ²
TF1-CT	Fuerza Interior	3,5 x 25 mm ² Cu	22,6	401,15 mm ²
TF2-CT	Fuerza Interior	3,5 x 25 mm ² Cu	22,6	401,15 mm ²

➤ *Datos Canalizaciones:*

CABLE	CANALIZACIÓN	DIMENSIONES CANALIZACIÓN	LONGITUD CANALIZACIÓN
AE-CT	Conduit 1	1 pulgada	40 m
AI-CT	Conduit 2	1 pulgada	50 m
TF1-CT	Conduit 3	1 pulgada	6 m
TF2-CT	Conduit 4	1 pulgada	25 m

➤ *Determinación del Factor de llenado:*

CANALIZACIÓN	SECCIÓN TOTAL	SECCIÓN OCUPADA (*)	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN
Conduit 1	637,94 mm ²	120,30 mm ²	18,86 %
Conduit 2	637,94 mm ²	120,30 mm ²	18,86 %
Conduit 3	637,94 mm ²	441,26 mm ²	69,17 %
Conduit 4	637,94 mm ²	441,26 mm ²	69,17 %

(*) A la sección ocupada se le ha añadido un 10% de la sección del cable, que aplique, a fin de tener un margen de seguridad.

ANEXO III: INFORME ALUMBRADO EXTERIOR DEL CT-SAT

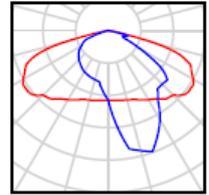
Alumbrado Exterior CT-SAT

Índice

Alumbrado Exterior CT-SAT	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
Philips DecoFlood MVF616 TP-S P5 1xCDM-T35W/830	
Hoja de datos de luminarias	4
CT-SAT	
Datos de planificación	5
Lista de luminarias	6
Luminarias (ubicación)	7
Luminarias (lista de coordenadas)	8
Muebles (ubicación)	9
Superficie de cálculo (sumario de resultados)	10
Rendering (procesado) en 3D	11
Rendering (procesado) de colores falsos	12
Superficies exteriores	
Superficie de cálculo 2	
Isolíneas (E, perpendicular)	13
Gama de grises (E, perpendicular)	14
Gráfico de valores (E, perpendicular)	15

Alumbrado Exterior CT-SAT / Lista de luminarias

10 Pieza Philips DecoFlood MVF616 TP-S P5 1xCDM-T35W/830
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 3300 lm
Potencia de las luminarias: 42.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 41 77 97 100 78
Armamento: 1 x CDM-T35W (Factor de corrección 1.000).

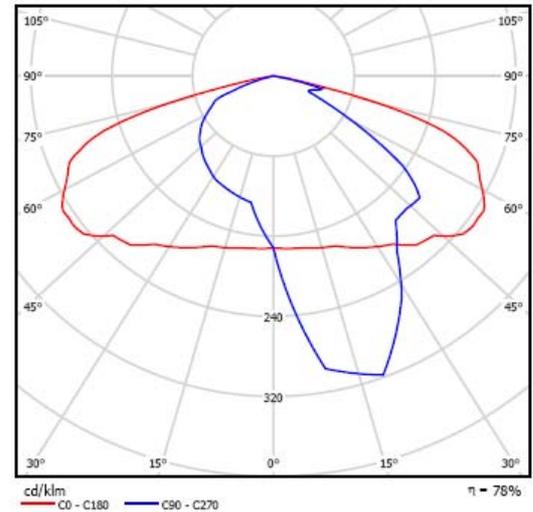


Philips DecoFlood MVF616 TP-S P5 1xCDM-T35W/830 / Hoja de datos de luminarias



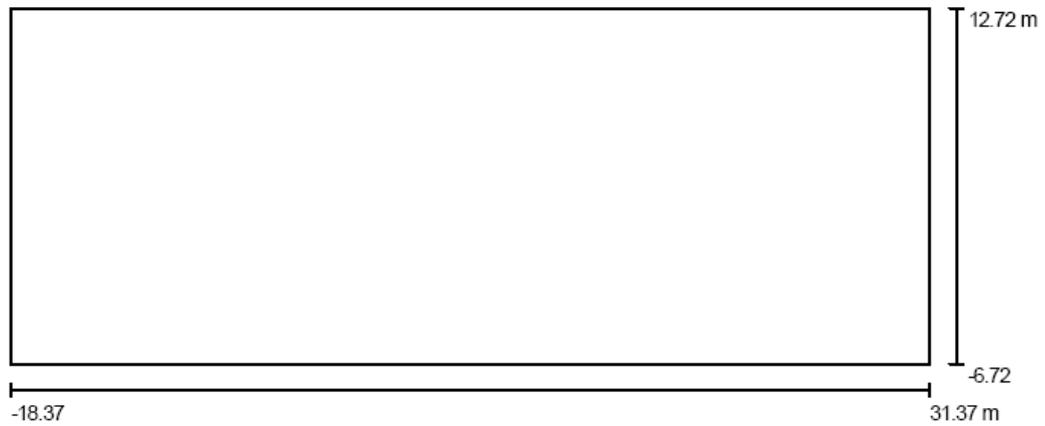
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 41 77 97 100 78

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

CT-SAT / Datos de planificación



Factor mantenimiento: 0.80, ULR (Upward Light Ratio): 5.0%

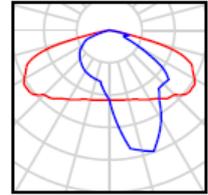
Escala 1:356

Lista de piezas - Luminarias

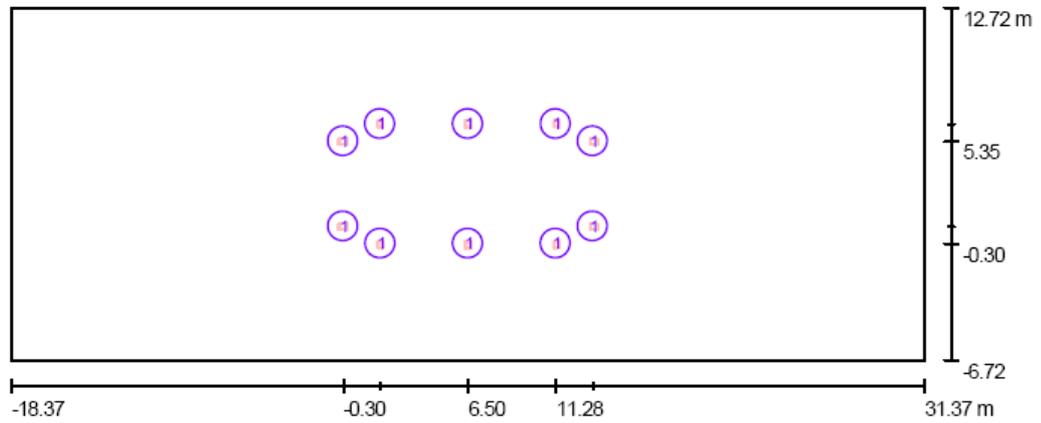
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	10	Philips DecoFlood MVF616 TP-S P5 1xCDM-T35W/830 (1.000)	3300	42.5
Total:			33000	425.0

CT-SAT / Lista de luminarias

10 Pieza Philips DecoFlood MVF616 TP-S P5 1xCDM-T35W/830
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 3300 lm
Potencia de las luminarias: 42.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 41 77 97 100 78
Armamento: 1 x CDM-T35W (Factor de corrección 1.000).



CT-SAT / Luminarias (ubicación)



Escala 1 : 356

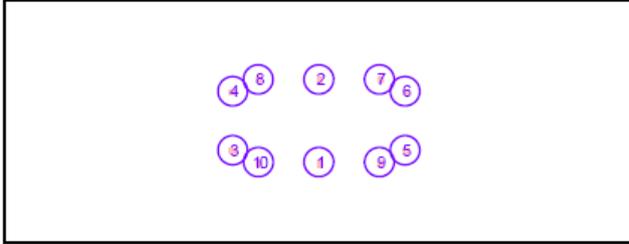
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	10	Philips DecoFlood MVF616 TP-S P5 1xCDM-T35W/830

CT-SAT / Luminarias (lista de coordenadas)

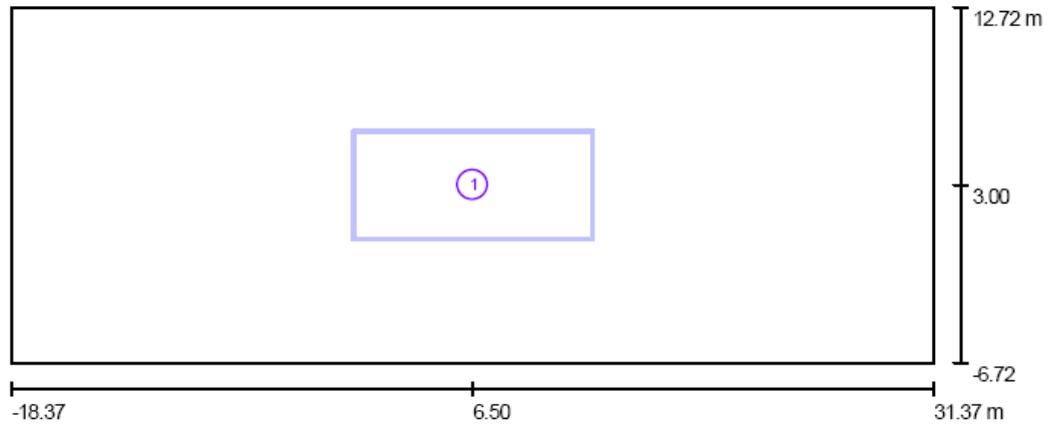
Philips DecoFlood MVF616 TP-S P5 1xCDM-T35W/830

3300 lm, 42.5 W, 1 x 1 x CDM-T35W (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	6.500	-0.300	3.000	-30.0	0.0	0.0
2	6.500	6.300	3.000	-30.0	0.0	-180.0
3	-0.300	0.650	3.154	-30.0	0.0	-90.0
4	-0.300	5.350	3.154	-30.0	0.0	-90.0
5	13.300	0.650	3.154	-30.0	0.0	90.0
6	13.300	5.350	3.154	-30.0	0.0	90.0
7	11.281	6.300	3.154	-35.0	20.0	-180.0
8	1.711	6.300	3.154	-35.0	-20.0	-180.0
9	11.275	-0.300	3.154	-35.0	-20.0	0.0
10	1.729	-0.300	3.154	-35.0	20.0	0.0

CT-SAT / Muebles (ubicación)

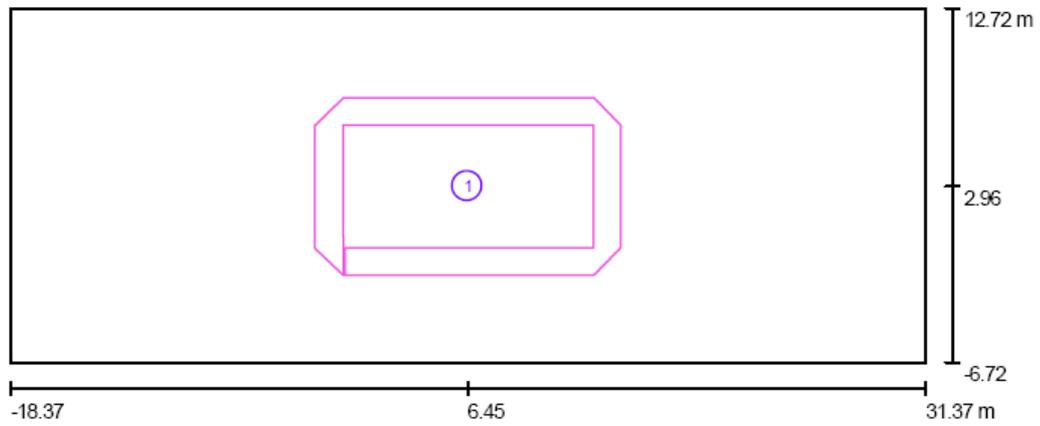


Escala 1 : 356

Muebles-Lista de piezas

N°	Pieza	Designación
1	1	CT

CT-SAT / Superficie de cálculo (sumario de resultados)

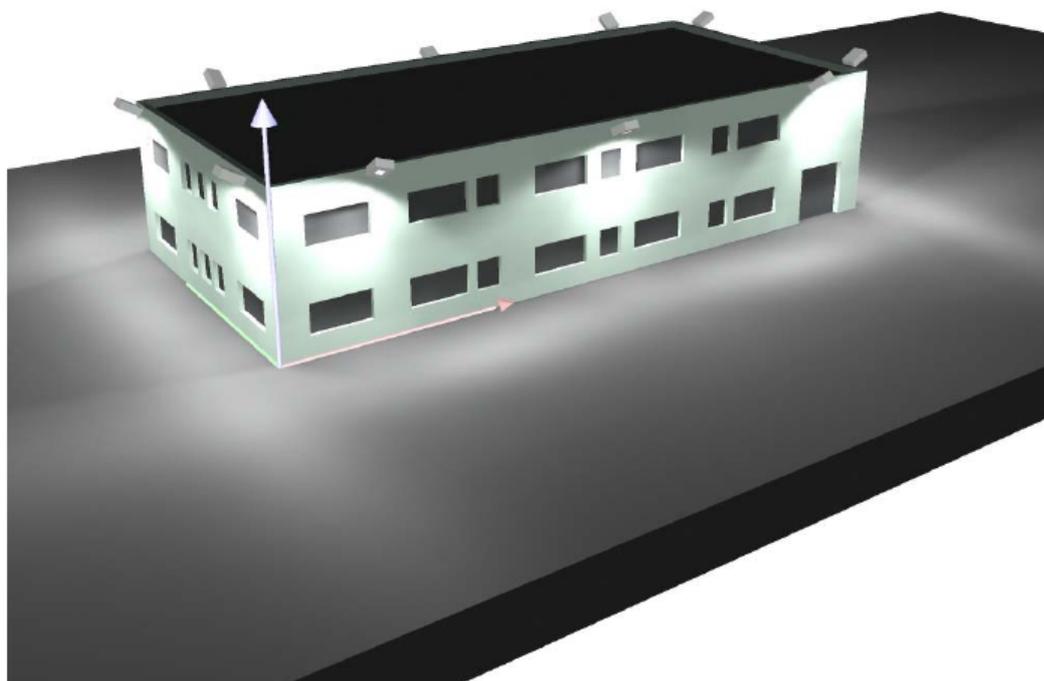


Escala 1 : 356

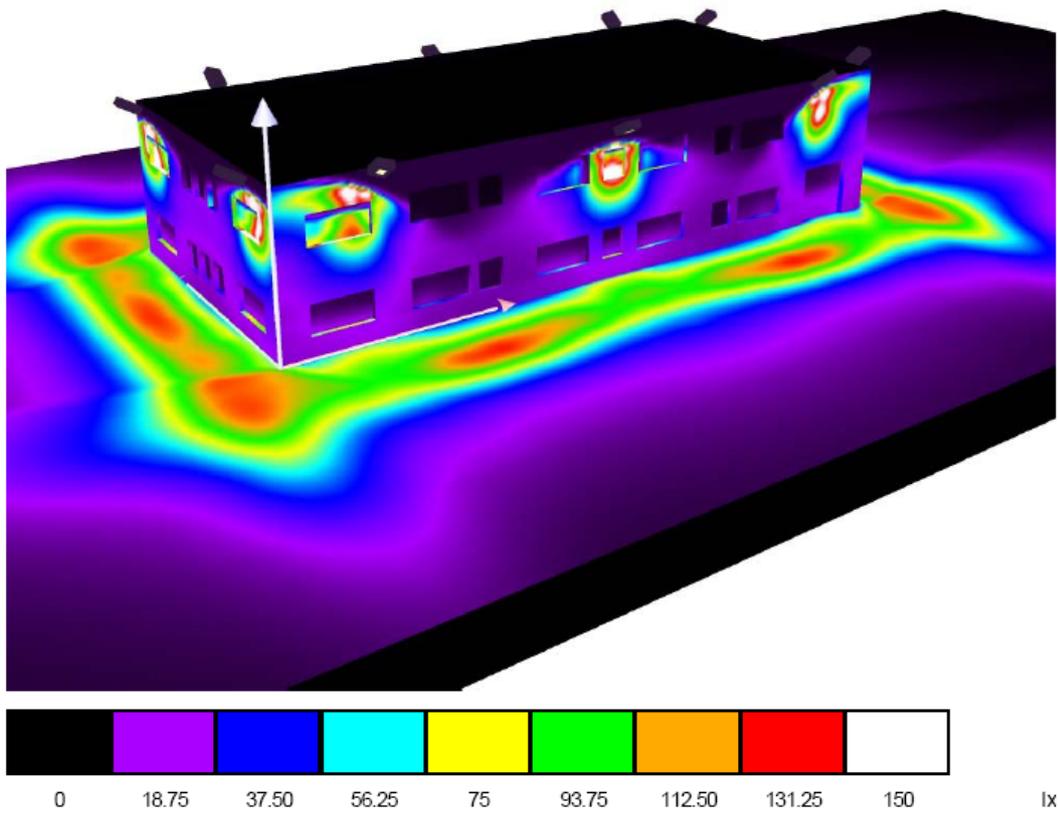
Lista de superficies de cálculo

Nº	Designación	Tipo	Trama	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
1	Superficie de cálculo 2	perpendicular	128 x 128	97	59	130	0.606	0.456

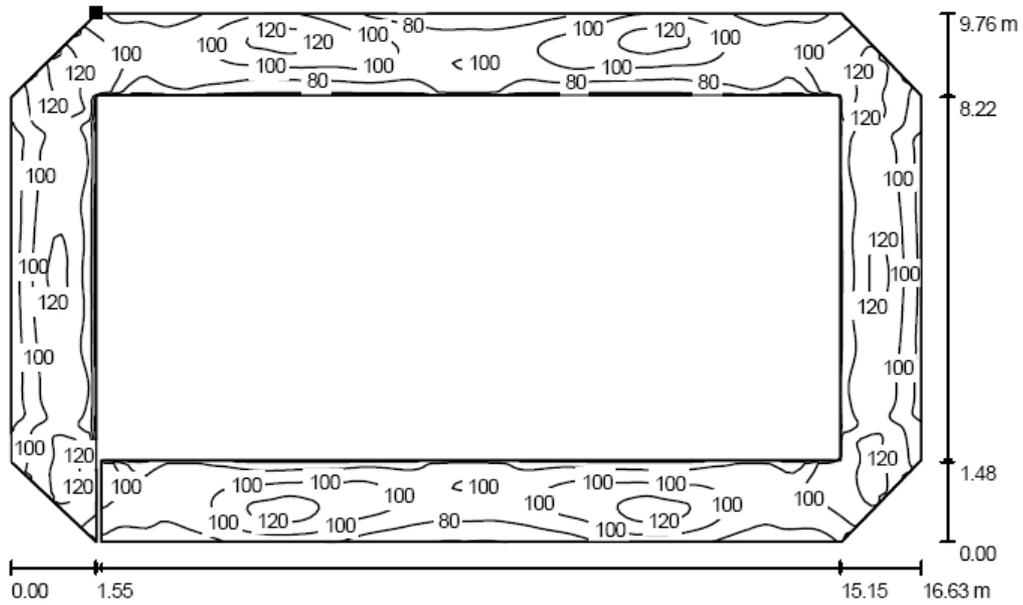
CT-SAT / Rendering (procesado) en 3D



CT-SAT / Rendering (procesado) de colores falsos

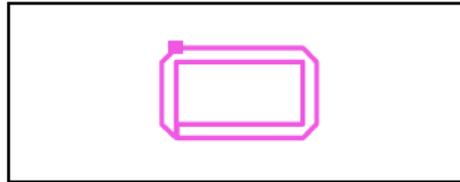


CT-SAT / Superficie de cálculo 2 / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 119

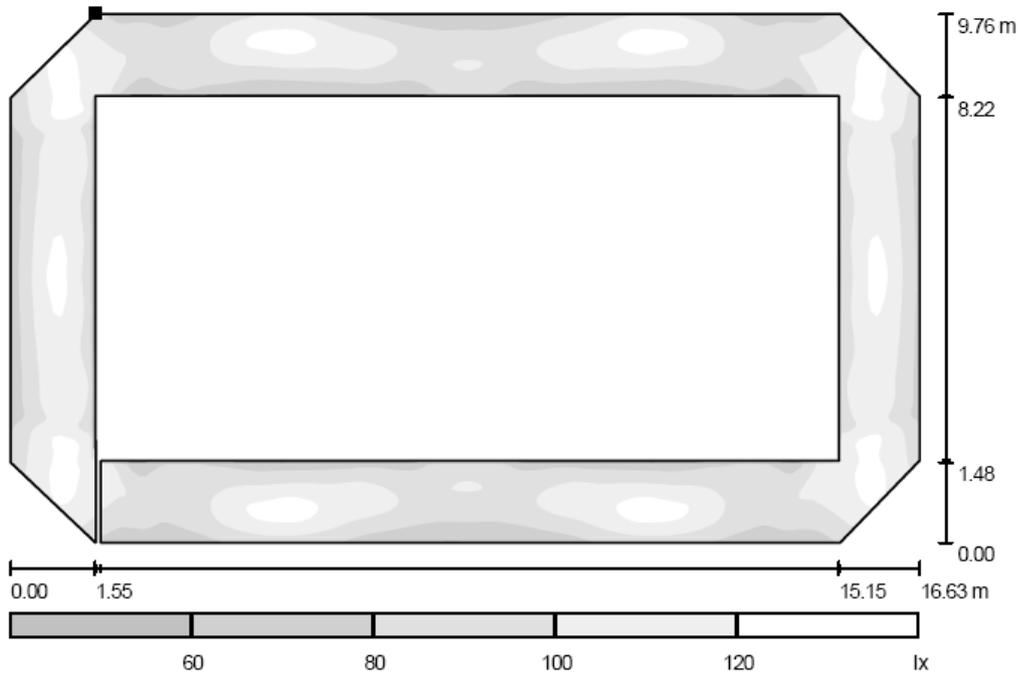
Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-0.283 m, 7.831 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

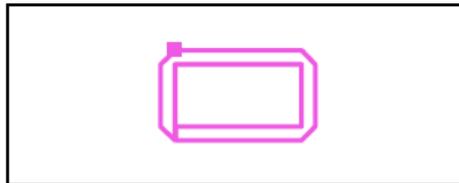
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
97	59	130	0.606	0.456

CT-SAT / Superficie de cálculo 2 / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 119

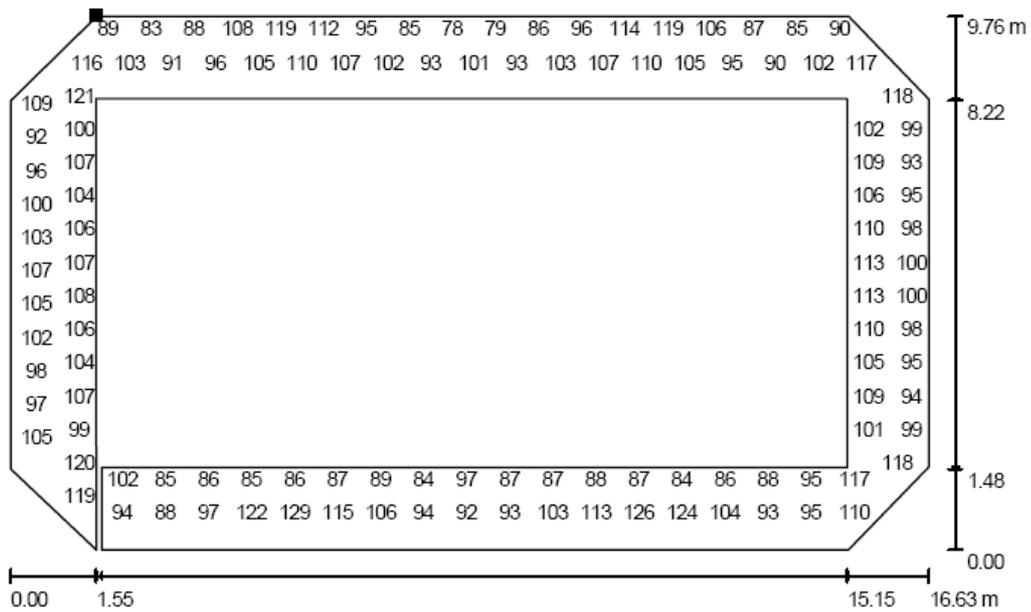
Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-0.283 m, 7.831 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
97	59	130	0.606	0.456

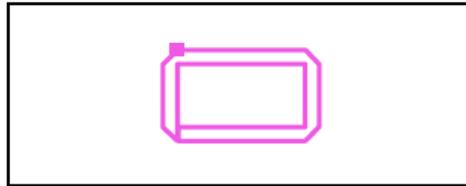
CT-SAT / Superficie de cálculo 2 / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 119

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
 Punto marcado:
 (-0.283 m, 7.831 m, 0.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
97	59	130	0.606	0.456

ANEXO IV: INFORME ALUMBRADO INTERIOR DEL CT-SAT

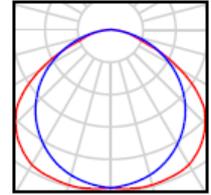
Alumbrado Interior CT-SAT

Índice

Alumbrado Interior CT-SAT	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
Philips TMX204 +GMX555 WB 2xTL5-35W/830	
Hoja de datos de luminarias	4
Caseta	
Resumen	5
Lista de luminarias	6
Resultados luminotécnicos	7
Rendering (procesado) en 3D	8
Superficies del local	
Zona CBT-CT	
Isolíneas (E, perpendicular)	9
Gama de grises (E, perpendicular)	10
Gráfico de valores (E, perpendicular)	11
Pasillo Central	
Isolíneas (E, perpendicular)	12
Gama de grises (E, perpendicular)	13
Gráfico de valores (E, perpendicular)	14
Zona CFA-CT	
Isolíneas (E, perpendicular)	15
Gama de grises (E, perpendicular)	16
Gráfico de valores (E, perpendicular)	17

Alumbrado Interior CT-SAT / Lista de luminarias

9 Pieza Philips TMX204 +GMX555 WB 2xTL5-35W/830
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 6600 lm
Potencia de las luminarias: 77.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 80 96 100 78
Armamento: 2 x TL5-35W (Factor de corrección 1.000).

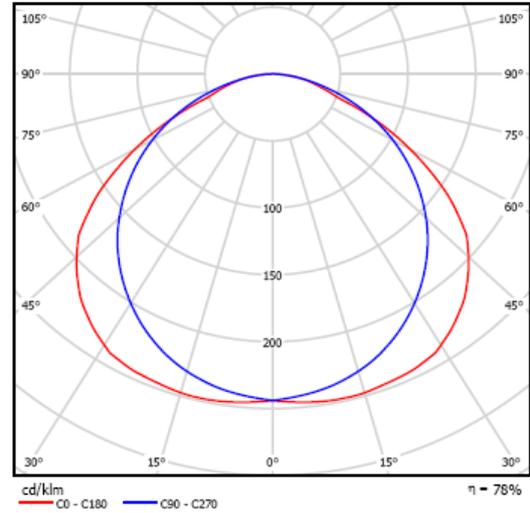


Philips TMX204 +GMX555 WB 2xTL5-35W/830 / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 46 80 96 100 78

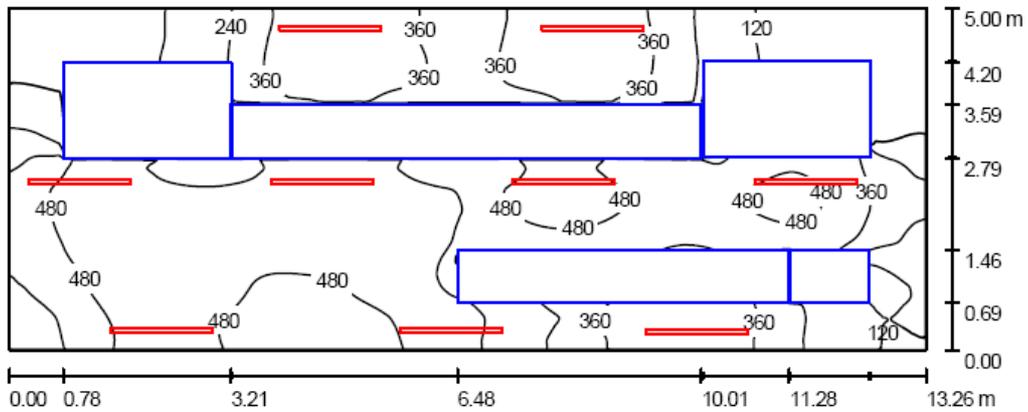
Emisión de luz 1:



Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
e Techo		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
e Paredes		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
e Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	20.9	22.2	21.2	22.4	22.7	20.3	21.7	20.6	21.9	22.1
	3H	21.8	23.0	22.1	23.2	23.5	21.9	23.1	22.2	23.4	23.6
	4H	22.0	23.2	22.4	23.5	23.8	22.5	23.6	22.8	23.9	24.2
	6H	22.3	23.4	22.7	23.7	24.0	22.9	23.9	23.2	24.2	24.6
	8H	22.4	23.4	22.8	23.7	24.1	23.0	24.0	23.4	24.3	24.6
4H	2H	21.5	22.7	21.9	23.0	23.3	21.2	22.3	21.5	22.6	22.9
	3H	22.6	23.6	23.0	23.9	24.2	23.0	24.0	23.4	24.3	24.6
	4H	23.0	23.8	23.4	24.2	24.6	23.7	24.6	24.1	24.9	25.3
	6H	23.3	24.1	23.8	24.5	24.9	24.3	25.0	24.7	25.4	25.8
	8H	23.5	24.2	23.9	24.6	25.0	24.4	25.1	24.9	25.5	25.9
8H	2H	23.6	24.2	24.1	24.7	25.1	24.5	25.2	25.0	25.6	26.0
	4H	23.3	23.9	23.7	24.3	24.8	23.9	24.6	24.4	25.0	25.4
	6H	23.7	24.3	24.2	24.7	25.2	24.6	25.1	25.0	25.6	26.0
	8H	24.0	24.5	24.4	24.9	25.4	24.8	25.3	25.3	25.8	26.3
	12H	24.2	24.6	24.6	25.0	25.5	25.0	25.4	25.5	25.9	26.4
12H	4H	23.3	23.9	23.7	24.3	24.7	23.9	24.5	24.4	25.0	25.4
	6H	23.8	24.3	24.3	24.7	25.2	24.6	25.1	25.1	25.6	26.0
	8H	24.1	24.5	24.5	24.9	25.4	24.9	25.3	25.4	25.8	26.3
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1				
S = 1.5H		+0.4 / -0.5					+0.4 / -0.5				
S = 2.0H		+0.8 / -1.2					+0.7 / -1.1				
Tabla estándar		BK04					BK06				
Sumando de corrección		5.4					6.8				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 600lm Flujo luminoso total											

Caseta / Resumen



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:95

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	381	27	584	0.070
Techo	70	165	32	441	0.197
Paredes (4)	50	242	31	2344	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
 Trama: 128 x 128 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

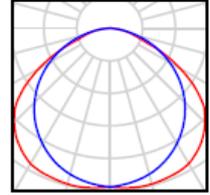
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ [lm]	P [W]
1	9	Philips TMX204 +GMX555 WB 2xTL5-35W/830 (1.000)	6600	77.0
			Total: 59400	693.0

Valor de eficiencia energética: $10.45 \text{ W/m}^2 = 2.74 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 66.30 m^2)

Caseta / Lista de luminarias

9 Pieza Philips TMX204 +GMX555 WB 2xTL5-35W/830
N° de artículo:
Flujo luminoso de las luminarias: 6600 lm
Potencia de las luminarias: 77.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 46 80 96 100 78
Armamento: 2 x TL5-35W (Factor de corrección 1.000).



Caseta / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 59400 lm
Potencia total: 693.0 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	238	143	381	/	/
Zona CBT-CT	249	175	423	/	/
Pasillo Central	307	184	491	/	/
Zona CFA-CT	289	135	424	/	/
Techo	0.10	164	165	70	37
Pared 1	177	141	317	50	51
Pared 2	55	84	139	50	22
Pared 3	110	103	213	50	34
Pared 4	119	104	222	50	35

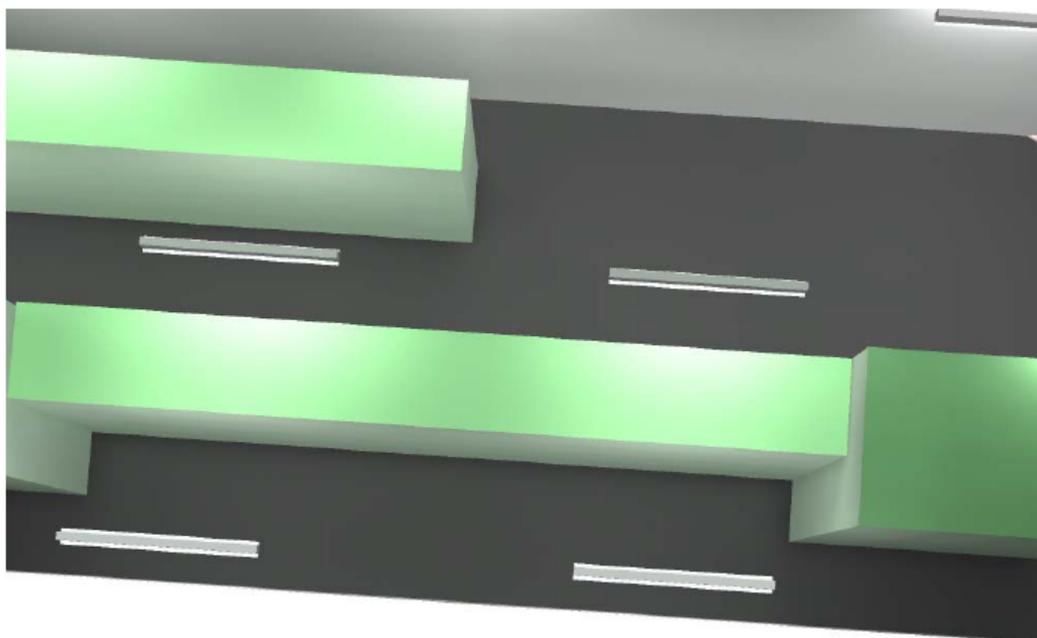
Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.070 (1:14)

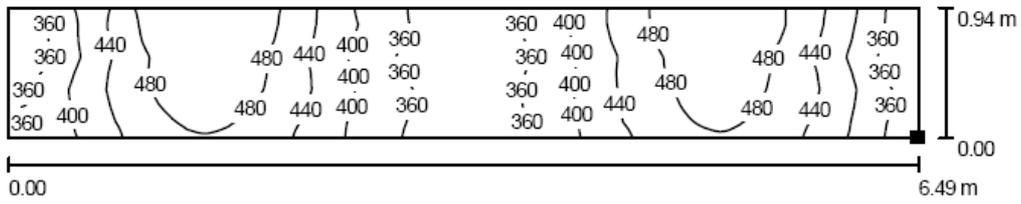
E_{\min} / E_{\max} : 0.046 (1:22)

Valor de eficiencia energética: $10.45 \text{ W/m}^2 = 2.74 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 66.30 m^2)

Caseta / Rendering (procesado) en 3D



Caseta / Zona CBT-CT / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 47

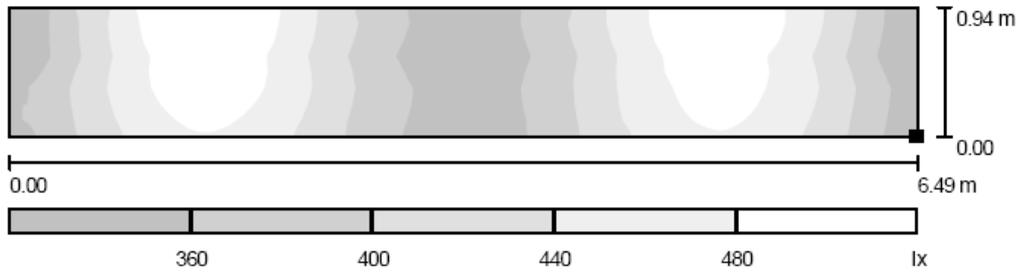
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (9.785 m, 3.842 m, 1.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
423	326	517	0.771	0.632

Caseta / Zona CBT-CT / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 47

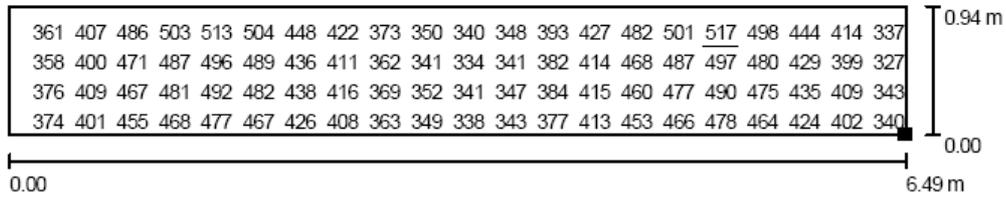
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (9.785 m, 3.842 m, 1.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
423	326	517	0.771	0.632

Caseta / Zona CBT-CT / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 47

No pudieron representarse todos los valores calculados.

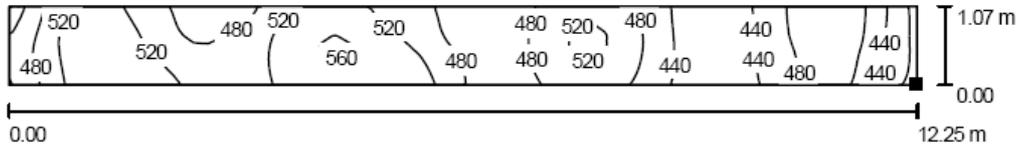
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (9.785 m, 3.842 m, 1.000 m)



Trama: 128 x 128 Puntos

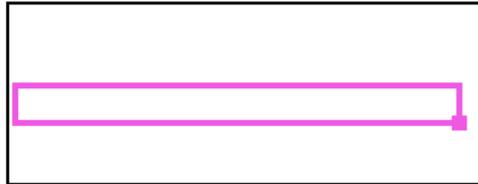
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
423	326	517	0.771	0.632

Caseta / Pasillo Central / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 88

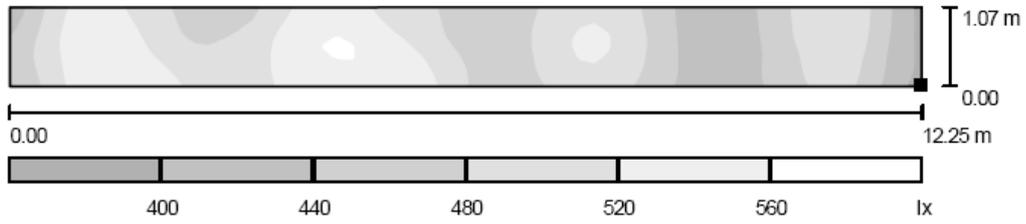
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (12.479 m, 1.671 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 8 Puntos

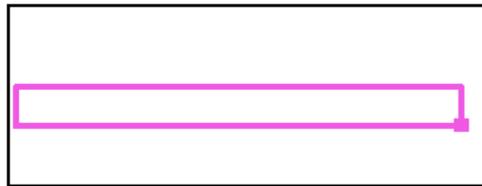
E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
491	388	567	0.790	0.684

Caseta / Pasillo Central / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 88

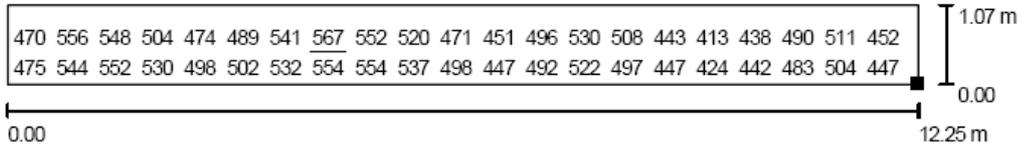
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (12.479 m, 1.671 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 8 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
491	388	567	0.790	0.684

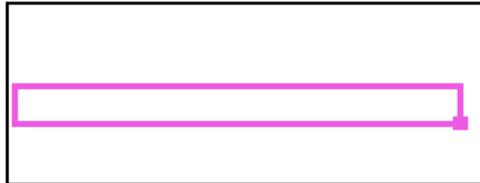
Caseta / Pasillo Central / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 88

No pudieron representarse todos los valores calculados.

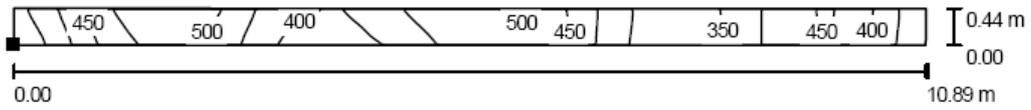
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (12.479 m, 1.671 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 8 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
491	388	567	0.790	0.684

Caseta / Zona CFA-CT / Isolíneas (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 78

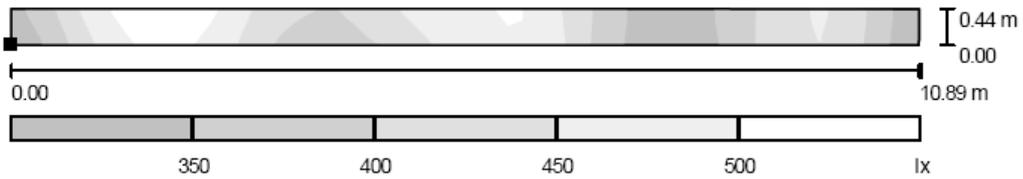
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.308 m, 0.168 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 4 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
424	310	541	0.731	0.572

Caseta / Zona CFA-CT / Gama de grises (E, perpendicular)



Escala 1 : 78

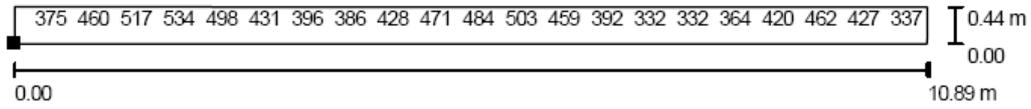
Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.308 m, 0.168 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 4 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
424	310	541	0.731	0.572

Caseta / Zona CFA-CT / Gráfico de valores (E, perpendicular)



Valores en Lux, Escala 1 : 78

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.308 m, 0.168 m, 0.850 m)



Trama: 64 x 4 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
424	310	541	0.731	0.572

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**PROYECTO FIN DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Integración de un centro de transformación de
servicios auxiliares de turbinas en una
central térmica**

**ANEXO A LA MEMORIA
CÁLCULO DE VENTILACIÓN Y DETECCIÓN DE
INCENDIOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

AUTOR: Daniel Maestro Juárez

TUTOR: Pablo Ledesma Larrea

Madrid, 15 de Octubre de 2009

ÍNDICE

1. OBJETO.....	3
2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.....	3
3. SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	4
3.1. PREMISAS DE CÁLCULO	4
3.2. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN	4
3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	4
3.2.2 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA TÉRMICA	5
3.3. Determinación de los componentes del Sistema de Extracción	10
3.3.1 EXTRACTOR.....	11
3.3.2 REJILLAS DE AIRE FRESCO.....	13
3.4. CONCLUSIONES	16
4. SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.....	17
4.1. PREMISAS DE CÁLCULO	17
4.2. DETERMINACIÓN DE LA INSTALACIÓN	18
4.2.1 TOPOLOGÍA DEL EDIFICIO	18
4.2.2 DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL SECTOR DE INCENDIO (SUPERFICIE DEL CT-SAT).....	18
4.2.3 CONCLUSIONES.....	19
ANEXO I: TABLA DATOS DEL EMPLAZAMIENTO.....	20
ANEXO II: VALORES CLIMATOLÓGICOS EN IBIZA.	22

1. OBJETO

La implantación, en la Central Térmica de Ibiza, de un nuevo centro de transformación de servicios auxiliares (SS.AA.) de turbinas, CT-SAT, hace necesario determinar y proyectar unas instalaciones de ventilación, asociadas al Centro, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los diferentes componentes y/o equipos que lo conforman, y que dicho funcionamiento no se vea alterado por problemas de origen térmico.

Así mismo, conforme a lo establecido por el Real Decreto 2267/2004 según el cual se debe dotar a cualquier establecimiento industrial de unos equipos e instalaciones adecuadas para la lucha contra incendios que pudiesen ocurrir en el interior del establecimiento, se determinarán para el Centro de Transformación de SS.AA. de la instalación correspondiente al sistema de detección de incendios, del mismo, quedando excluido el cálculo de cualquier otro sistema destinado a la lucha contra incendios tales como: sistemas de extinción, o cálculos mecánicos de Obra Civil.

Pretende, por tanto, este documento determinar y proyectar los sistemas de ventilación y detección de incendios asociados al nuevo CT-SAT que permitan garantizar las funciones expuestas anteriormente.

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

La documentación empleada para la elaboración de éste documento es la siguiente:

- Criterios generales de diseño de sistemas eléctricos.
- Documento de cálculo de Estudio de consumos y dimensionamiento de transformadores.
- Plano de Ventilación y detección de incendios
- Transformadores Secos. *Biblioteca técnica Schneider.*
- Software Proclima 4.0 para cálculo de ventilación de Cuadros, de Himel
- Catálogo de Extractores Soler & Palau (S&P).
- Catálogo de rejillas de ventilación de AIRFLOW.
- **Real Decreto 2267/2004: “Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales”**

3. SISTEMA DE VENTILACIÓN

3.1. PREMISAS DE CÁLCULO

Se dotará al Centro de Transformación de SS.AA. de turbinas de dos sistemas de ventilación, totalmente independientes.

Por una parte, y puesto que la mayor generación de calor, en el CT-SAT, se producirá por el funcionamiento de los transformadores principales del Centro, TSA-1 y TSA-2, se dotará de un sistema de extracción forzada, propio, para cada recinto de ubicación de los transformadores principales del Centro.

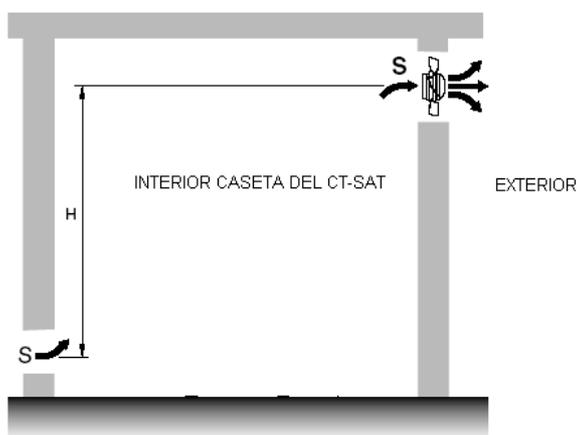
El cálculo y determinación del sistema de extracción para los recintos de ubicación de los transformadores principales del CT-SAT será alcance del Suministrador del conjunto transformadores-Cabinas de BT, y dicho Sistema de Ventilación se determinará según lo especificado en el documento: Especificación de Cabinas de BT.

Por otro lado, se dotará de un sistema de extracción forzada, de todo el conjunto del interior de la caseta del CT-SAT, capaz de desalojar el aire caliente generado en el interior de la Caseta del CT-SAT debido a la disipación térmica de todos los equipos que se instalarán en su interior, a excepción del de los transformadores principales del Centro de Transformación.

3.2. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

Para evitar calentamientos excesivos, que pudieran ser perjudiciales para un correcto funcionamiento de los equipos del CT-SAT, se deberá disipar la potencia térmica generada por dichos equipos durante su funcionamiento.



Se procederá por tanto, a determinar un sistema de extracción forzada para la caseta del CT-SAT, similar al mostrado en la figura. Dicho sistema de extracción se encontrará constituido, fundamentalmente, por un extractor helicoidal situado en la parte superior de una de las paredes laterales de la caseta del CT-SAT, que evacuará el aire caliente hacia el exterior.

Por su parte, la necesaria entrada de aire fresco que debe producirse en el

interior del Centro de Transformación para mantener constante el volumen de aire en el interior del CT-SAT se realizará mediante rejillas de ventilación, que se situarán en las paredes del CT-SAT.

Teniendo en cuenta que la circulación natural del aire se dirige desde las zonas más frías hacia las zonas más calientes, produciéndose el denominado efecto chimenea, la apertura inferior debe estar situada lo más próxima al suelo, favoreciendo así la convección natural del aire.

3.2.2 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA TÉRMICA

La potencia térmica que se generará en el interior del CT-SAT será debida a la potencia térmica que disiparán los siguientes equipos:

- Transformador de Alumbrado (TCA-CT).
- Cabinas de BT (CBT-CT).
- Centro de distribución de Fuerza y Alumbrado (CFA-CT).
- Alumbrado Interior del CT-SAT.

No se considerará, el calor generado por los transformadores principales del CT-SAT, pues sus recintos de ubicación dispondrán de un sistema de extracción independiente.

a. Potencia térmica disipada por el Transformador TCA-CT

La Potencia térmica que disipa un transformador, se define según la expresión:

$$P_T [kW] = [S_n (kVA) \cdot \cos \varphi] \left(1 - \frac{\eta [\%]}{100}\right)$$

donde:

- S_n : Potencia nominal del transformador.
- $\cos \varphi$: factor de potencia.
- η : Rendimiento del transformador

Admitiendo que los transformadores tienen un rendimiento próximo a la unidad, en torno al 98,5% y trabajan, generalmente, con factor de potencia inductivo, $\cos \varphi=0,8$, sustituyendo el valor de la potencia nominal del transformador TCA-CT, 400 kVA, se obtiene la siguiente potencia térmica disipada por el transformador de alumbrado, TCA-CT:

Transformador	S_n (kVA)	$\cos \varphi$	η (%)	P_T (kW)
TCA-CT	400	0,8	98,5	4,8

b. Potencia térmica disipada en Cabinas de BT

La Potencia térmica que se disipará desde las Cabinas de BT hacia la caseta del CT-SAT, será originada por el calor que generarán los distintos equipos y componentes que se encuentran en su interior.

Para la determinación de dicha potencia térmica, se ha usado el software **ProClima 4.0** desarrollado por el fabricante de Cuadros HIMEL.

Dicho software permite estimar la potencia térmica que disipan los distintos componentes y aparellajes, más usuales, de cualquier Cuadro de BT, partiendo de los datos, referidos a la materia tratada, de sus productos.

Asumiendo como referencia los valores de los productos de HIMEL, se estimará la potencia que se disipará desde las Cabinas de BT al CT-SAT, partiendo de las siguientes características constructivas y eléctricas, en servicio, de las Cabinas de BT:

➤ Características Constructivas:

-Datos dimensionales del conjunto CBT-CT

-Alto:	2.000 mm
-Ancho:	6.800 mm
-Profundidad:	600 mm
-Material de Envolvente:	Chapa de Acero

➤ Características Eléctricas en servicio:

- Tensión de servicio:	400 V
- Intensidad nominal de embarrado:	4.000 A
- Frecuencia asignada:	50 Hz

Partiendo de los anteriores datos constructivos y eléctricos, se puede determinar la potencia térmica (P_T) que disiparán tanto el embarrado, como aparellaje y distintos componentes de las Cabinas de BT, como se refleja en la siguiente tabla:

Equipo (Componente)	P_T unitaria [W] ⁽¹⁾	Unidades	C_s ⁽²⁾	P_T total [kW]
Embarrado	410	1	1	0,41
Interruptores Bastidor abierto de 4.000 A	790	3	0,67	1,59
Interruptores Bastidor abierto de 800 A	136	8	0,25	0,27
Interruptores Caja Moldeada de 400 A	125	1	1	0,13
Interruptores Caja Moldeada de 250 A	45	1	1	0,05
Interruptores Caja Moldeada de 160 A	37	2	1	0,07
Interruptores Caja Moldeada de 63 A	17	4	0,25	0,02
Transformadores de Medida	17	24	1	0,41
Relés	3	38	1	0,11
Control	30	N/A	1	0,03
TOTAL POTENCIA TÉRMICA DISIPADA EN CBT-CT:				3,08

(1) Los valores de potencia térmica, unitarias, han sido estimados según el software **ProClima 4.0.** de HIMEL.

(2) C_s: Coeficiente de simultaneidad. Se han establecido los mismos criterios que los considerados en el dimensionamiento del CT-SAT.

c. Potencia térmica disipada en Centro de distribución de Fuerza y Alumbrado

Para determinar la potencia térmica que se disipará en el Centro de Distribución de Fuerza y Alumbrado se procederá de manera análoga a la empleada en la estimación de la potencia térmica disipada en CBT-CT.

Partiendo de las siguientes características constructivas y eléctricas, del Cuadro:

➤ Características Constructivas:

-Datos dimensionales del conjunto CFA-CT

-Alto:	2.000 mm
-Ancho:	4.000 mm
-Profundidad:	600 mm
-Material de Envolvente:	Chapa de Acero

➤ Características Eléctricas en servicio:

- Tensión de servicio:	400 V
- Intensidad nominal de embarrado:	1.000 A
- Frecuencia asignada:	50 Hz

La Potencia térmica que se disipará desde el CFA-CT vendrá determinada por la disipación de calor de sus componentes, y será la reflejada en la siguiente tabla:

Equipo (Componente)	P_T unitaria [W] ⁽¹⁾	Unidades	C_s ⁽²⁾	P_T total [kW]
Embarrado	201	1	1	0,20
Interruptores Caja Moldeada de 250 A	45	4	0,22	0,04
Interruptores Caja Moldeada de 160 A	37	11	0,36	0,15
Magnetotérmicos de 32 A	3	8	1	0,02
Control	30	N/A	1	0,03
TOTAL POTENCIA TÉRMICA DISIPADA EN CBT-CT:				0,44

(1) Los valores de potencia térmica, unitarias, han sido estimados según el software **ProClima 4.0.** de HIMEL.

(2) C_s : Coeficiente de simultaneidad. Se han establecido los mismos criterios que los considerados en el dimensionamiento del CT-SAT.

d. Potencia térmica disipada por Alumbrado Interior del CT-SAT

La potencia térmica disipada por el alumbrado interior del CT-SAT, suponiendo el caso más desfavorable, de considerar que toda la potencia de las luminarias se disipará en forma de calor al ambiente, vendrá determinada por la siguiente expresión:

$$P_T [kW] = \sum_j n_i \cdot P_i$$

donde:

- P_i : Potencia, unitaria, de la luminaria “i”.
- n_i : número de unidades de la luminaria i

Resultando, la siguiente potencia térmica disipada, debido al alumbrado interior:

Lámpara	Carcasa	Difusor	Potencia Unitaria (W)	Nº Unidades	Potencia Total (kW)
2 x TL5-35 W	TMX204	+GMX555 WB	70	9	0,63

e. Potencia térmica, total, disipada en el interior del CT-SAT

La Potencia térmica que se disipará en el interior del CT-SAT y que debe ser desalojada del mismo, mediante el sistema de ventilación será la que disipan en él todos sus componentes, considerando además una mayoración en concepto de seguridad y previendo futuras reserva.

Resultando:

Equipo	Potencia Térmica disipada (kW)
TCA-CT	4,80
CBT-CT	3,08
CFA-CT	0,44
Alumbrado Interior	0,63
<i>Total Estimado</i>	8,95
MAYORACIÓN (+20%)	1,80
TOTAL:	11

3.3. Determinación de los componentes del Sistema de Extracción

Una vez determinada la potencia térmica que se debe desalojar de la caseta del CT-SAT se debe determinar el caudal de aire que es necesario extraer de la caseta del CT-SAT para que se produzca una correcta ventilación.

Dicho caudal de aire, se puede determinar mediante la expresión:

$$Q[m^3 / s] = \frac{P_T [kW]}{1,15 \cdot \Delta T [^\circ C]}$$

donde:

- Q : Caudal de aire.
- P_T: Potencia térmica necesaria a desalojar del CT-SAT.
- ΔT: Salto térmico. Mínima diferencia, que puede existir, entre la temperatura del aire de entrada y la temperatura del aire de salida en el recinto.

Para determinar el salto térmico se empleará la siguiente expresión:

$$\Delta T = T_{Máx} - T_M$$

donde,

- T_{Máx}: Máxima Temperatura de diseño de Equipos Eléctricos de Interiores.
- T_M: Máximo valor de las Temperaturas medias mensuales respecto a las máximas diarias.

En el Anexo I, Datos del emplazamiento, se puede comprobar que la máxima temperatura de diseño de equipos Eléctricos Interiores es, T_{Máx}=40°C.

En el Anexo II, Valores Climatológicos en Ibiza, se puede observar que el mayor valor, esperado, de Temperatura media mensual, respecto a las máximas diarias, se produce en Agosto con un valor T_M=30°C.

Luego el salto térmico, será:

$$\Delta T = 40^\circ C - 30^\circ C = 10^\circ C$$

Sustituyendo los datos se obtienen los siguientes caudales de aire, que deben proporcionar los extractores a instalar:

P_T (kW)	ΔT (°C)	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /h)
11	10	0,96	3.443

Para garantizar dicho caudal se empleará se controlará el funcionamiento del extractor mediante termostato, de tal forma que a partir de una Temperatura de 40°C, en el interior de la habitación, comience a funcionar el sistema de extracción.

Determinado el caudal de aire que debe desalojarse, se establecerán todos y cada uno de los equipos que compondrán el sistema de ventilación, mediante el siguiente procedimiento:

3.3.1 *EXTRACTOR*

Puesto que los distintos equipos que conformarán el sistema de ventilación dependen de las características del extractor que se seleccione, como se verá en los siguientes apartados del documento, y puesto que en el mercado existen una amplia gama de fabricantes de extractores se han de seguir las siguientes pautas para la elección final, del modelo comercial, de extractor.

1. Teniendo en cuenta la arquitectura del recinto, donde va a situarse el extractor, se debe seleccionar un extractor tipo mural y poder, así, adosarlo a la pared.
2. Dado que la temperatura que se puede alcanzar en el recinto debido al funcionamiento de los transformadores puede ser relativamente alta se debe seleccionar un extractor, helicoidal, cuyas hélices sean preferentemente de metal, evitando así posibles deterioros, como podría ocurrir en el caso de que se seleccionasen hélices de plástico.
3. Una vez consideradas las características constructivas, anteriores, se seleccionará un extractor que permita un paso de caudal de aire, de al menos, igual al determinado ($Q_{calc}=3.443$ m³/h). Este requisito es fundamental y debe cumplirse para garantizar que la ventilación es la correcta.
4. Posteriormente, se debe comprobar que las características eléctricas que requiere el extractor, para su funcionamiento, son adecuadas a las instalaciones eléctricas del edificio. Por ello se recomienda un extractor monofásico.
5. Finalmente, el hueco necesario para la instalación vendrá determinado por las dimensiones del extractor.

A modo de referencia, que sirva como guía de elección de los extractores que deberá ubicarse en el exterior de una de las paredes laterales de la Caseta del CT-SAT se ha tomado el modelo HCBB/4-400/H de Soler & Palau (S&P).

Dicho modelo se trata de un extractor, helicoidal, de mural de hélices de Aluminio y se encuentra dentro de la Serie COMPACT de S&P.

De las hojas técnicas, del catálogo del fabricante, puede comprobarse que el modelo HCBB/4-400/H cumple con las pautas establecidas, anteriormente, como puede comprobarse en la siguiente tabla:



■ Características técnicas para modelos con hélices de PLASTICO

Es imprescindible comprobar que las características eléctricas (voltaje, intensidad, frecuencia, etc.) del motor que aparecen en la placa del mismo son compatibles con las de la instalación.

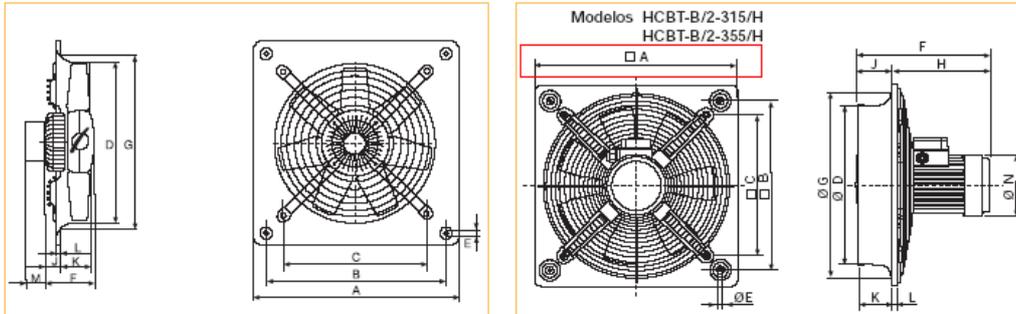
Modelo	Velocidad (r.p.m.)	Potencia absorbida máxima (W)	Intensidad máxima (A)		Nivel de presión sonora (dB(A))	Caudal máximo (m³/h)	Peso (kg)	Regulador* posible de velocidad
			a 230 V	a 400 V				
MONOFASICOS 2 POLOS								
HCFB/2-250/H	2500	250	1,2		65	2160	5	-
HCGB/2-315/L	2500	380	1,7		70	3260	7	-
HCGB/2-355/J	2000	460	2,2		71	4000	8	-
MONOFASICOS 4 POLOS								
HCFB/4-250/H	1330	60	0,3		52	1215	5	REB-1
HCFB/4-315/H	1300	100	0,6		54	2350	7	REB-1
HCFB/4-355/H	1225	200	1,0		58	3490	8	REB-2,5
HCFB/4-400/H	1200	340	1,6		60	5070	9	REB-2,5
HCFB/4-450/H	1290	480	2,3		65	6760	13	REB-2,5
HCFB/4-500/H	1290	650	3,0		68	9200	16	REB-5
HCFB/4-560/H	1250	980	4,9		71	12480	22	REB-5
HCFB/4-630/H	1200	1700	7,6		72	17060	25	-
MONOFASICOS 6 POLOS								
HCFB/6-355/H	800	90	0,5		50	2210	8	REB-1
HCFB/6-400/H	750	110	0,6		52	3400	9	REB-1
HCFB/6-450/H	835	220	1,2		53	4550	13	REB-2,5
HCFB/6-500/H	840	290	1,6		56	5820	16	REB-2,5
HCFB/6-560/H	900	420	2,4		59	7870	22	REB-2,5
HCFB/6-630/H	800	510	2,6		60	10750	25	REB-5
HCFB/6-710/H	900	1300	5,7		66	17570	27	-

COMPACT MURAL

Extractores helicoidales murales



Dimensiones (mm)



COMPACT MURAL
Extractores helicoidales murales

Modelo	A	B	C	Ø D	Ø E	F				Ø G	J				K	L	M	
						Número de Polos					Número de Polos						Tri	Mono
						/2	/4	/6	/8		/2	/4	/6	/8				
250	315	260	220	254	10	122	122			294	59	59			53	12	40	65
315	400	330	280	315	10	129	122			329	45	32			68	12	40	65
355	450	380	315	355	10	129	129	129		371	45	45	45		75	12	40	65
400	500	420	355	400	10	129	129			422	40,5	40,5			78	12	40	65
450	560	480	400	450	10	150	150	150		476	48	48	48		91	12	40	65
500	630	560	450	500	10	150	150	150		536	44,5	44,5	44,5		97	12	40	65
560	710	630	510	560	10	218,5	150	150		596	110,5	42	42		98,5	12	40	65
630	800	710	580	630	12	218,5	150	150		674	110,5	41	41		103	12	40	65
710	900	800	636	710	12	218,5	218,5	218,5		733	134	134	134		91,5	16,5	40	65

Modelo	A	B	C	Ø D	Ø E	F	Ø G	H	J	K	L	Ø N
HCBT-B/2-315/H	400	330	280	315	10	298	329	220,5	77,5	68	12	135
HCBT-B/2-355/H	450	380	315	355	10	298	371	219	79	75	12	135

Como puede observarse, en la tabla anterior, en caso de que se optase por seleccionarse un modelo comercial como el ejemplo propuesto, la apertura del hueco de la instalación debe ser de 500mm x 500 mm.

3.3.2 REJILLAS DE AIRE FRESCO

Para mantener constante el volumen de aire en el interior del CT-SAT, se debe producir un aporte de aire fresco desde el exterior, cuyo caudal sea el mismo que el extraído. Este aporte de aire se realizará mediante rejillas de ventilación, denominadas rejillas de aire fresco.

Se deberá calcular, por tanto, en primer lugar y en función de la velocidad del aire, la sección que garantizaría un caudal continuo de aire en la caseta del CT-SAT.

La relación existente, en un fluido, entre el caudal que atraviesa una sección y la velocidad, viene determinada por la expresión:

$$Q = S \cdot v$$

donde,

- Q= Caudal.
- S= Sección.
- V= velocidad. Se estimará en 5m/s según valores típicos.

Sustituyendo los datos correspondientes y despejando, en la anterior expresión se obtendrá el valor de dicha sección, resultando:

Q (m³/s)	V_{aire} (*) (m/s)	S (m²)
5.070	5	1,01

Una vez determinada la sección de aire que garantiza un caudal constante en la caseta del CT-SAT, se deberán determinar las rejillas de ventilación que son necesarias.

Tomando como referencia, un modelo comercial de rejillas de ventilación de 1.000 mm x 150 mm del fabricante AIRFLOW, se puede determinar el número de rejillas de aire fresco, que son necesarias mediante la expresión:

$$N = \frac{S}{S_{rejillas} \cdot \xi}$$

donde,

- S: Sección de aire que garantiza el caudal cte.
- ξ : Coeficiente efectivo de sección. Se tomará valor típico, $\xi=0,7$, que supone considerar que el 30% de la sección está ocupado por las lamas.

Sustituyendo los datos correspondientes, se obtiene que serán necesarias 10 rejillas de aire fresco de 1.000 mm x 150 mm

S (m²)	S_{rejillas} (*) (m²)	ξ	N
1,01	1 x 0,15	0,7	10

(*) Ver tabla adjunta



Tabla de Selección Rejillas IH, IHV



TABLA DE SELECCIÓN PARA REJILLAS DE IMPULSIÓN IH-IV-IHV-IVH																					
L x H	600 x 150						800 x 150			1.000 x 150			1.200 x 150								
	400 x 200			300 x 300			500 x 200			600 x 200			900 x 200								
L x H	0,054						0,059			0,065			0,079			0,106			0,126		
Deflexión β	0°	30°	45°	0°	30°	45°	0°	30°	45°	0°	30°	45°	0°	30°	45°	0°	30°	45°			
100	V _{eff}																				
	X																				
	ΔP _t																				
150	V _{eff}																				
	X																				
	ΔP _t																				
200	V _{eff}																				
	X																				
	ΔP _t																				
300	V _{eff}	1,5	1,7	2,1	1,4	1,6	1,9	1,3	1,5	1,8											
	X	4,5	3,1	2,2	4,4	3,1	2,2	4,2	2,9	2,1											
	ΔP _t	2,2	2,8	3,5	1,9	2,5	3,2	1,7	2,2	2,5											
400	V _{eff}	2,1	2,4	2,7	1,9	2,2	2,7	1,7	2	2,4	1,4	1,6	1,9								
	X	6	4,2	3	5,9	4	2,9	5,5	3,9	2,8	5	3,5	2,5								
	ΔP _t	4,3	5,6	7,1	3,5	4,7	6,3	2,8	4,1	4,7	1,9	2,5	3,2								
500	V _{eff}	2,6	3	3,7	2,4	2,8	3,4	2,1	2,4	2,9	1,8	2,1	2,5	1,3	1,5	1,8					
	X	7,8	5,4	3,9	7,6	5,1	3,8	7	4,9	3,5	6,5	4,6	3,7	5,5	3,9	2,8					
	ΔP _t	6,6	8,8	11	5,6	7,7	8,8	4,3	5,6	7,1	3,2	4,3	5,2	1,7	2,2	2,5					
600	V _{eff}	3,1	3,6	4,4	2,8	3,2	3,9	2,6	3	3,7	2,1	2,4	2,9	1,6	1,8	2,3	1,3	1,5	1,8		
	X	9,4	6,5	4,7	9	6,2	4,5	8,2	5,7	4,1	7,7	5,4	3,8	6,6	4,6	3,3	6,1	4,2	3,1		
	ΔP _t	9,4	13	15	7,7	10	12	6,6	8,8	11	4,3	5,6	7,1	2,5	3,2	4,1	1,7	2,2	2,5		
700	V _{eff}	3,6	4,1	5,6	3,3	3,8	4,7	3	3,4	4,2	2,5	2,9	3,5	1,8	2,1	2,5	1,5	1,7	2,1		
	X	11,4	8	5,7	10,5	7,4	5,2	10	7	5	9,1	6,4	4,5	8	5,6	4	7,3	5,1	3,6		
	ΔP _t	13	16	21	11	14	17	8,8	11	14	6	8,2	10	3,2	4,3	5,2	2,2	2,8	3,5		
800	V _{eff}	4,1	4,7	5,8	3,8	4,4	5,4	3,4	3,9	4,8	2,8	3,2	3,5	2,1	2,4	2,9	1,8	2,1	2,5		
	X	12,5	8,9	6,3	12	8,3	6	11,4	8	5,7	9,5	6,7	4,8	9	6,3	4,5	8,1	5,7	4		
	ΔP _t	16	22	26	14	19	23	11	15	18	7,7	10	12	4,3	5,6	7,1	3,2	4,3	5,2		
900	V _{eff}	4,6	5,3	6,5	4,2	4,8	5,9	3,8	4,4	5,3	3,7	3,7	4,5	2,4	2,8	3,4	2	2,3	2,8		
	X	14	11	7	13,8	9,5	6,9	12,5	8,9	6,3	11,8	8,3	5,9	10	7	5	9	6,3	4,5		
	ΔP _t	21	28	33	17	23	28	14	19	23	10	13	16	5,6	7,7	8,8	4,1	5,2	6,1		
1000	V _{eff}	5,1	5,9	7,2	4,7	5,4	6,6	4,3	4,9	6,1	3,5	4	4,9	2,6	3	3,3	2,2	2,5	3,1		
	X	15,8	11	7,9	15	10,5	7,5	14	11	7	13	9,1	6,5	11,4	8	5,7	10,1	7,1	5,1		
	ΔP _t	25	34	41	22	29	34	18	24	29	12	16	19	6,6	8,9	3,2	4,7	6,1	7,7		
1500	V _{eff}	7,7	8,9	10,9	7,1	8,2	10,1	6,4	7,4	9,1	5,3	6,1	7,5	3,9	4,5	5,5	3,3	3,8	4,7		
	X	24	16	12	22	15	11	20	14	10	19	13	9,5	16	11	8	15,1	10,6	7,5		
	ΔP _t	58	78	92	49	66	79	40	54	64	28	36	44	15	20	24	11	14	17		
2000	V _{eff}										7	8	9,9	5,2	6	7,4	4,4	5,1	6,2		
	X										30	21	15	24	17	12	22	15	11		
	ΔP _t										48	63	78	26	35	43	19	25	31		
3000	V _{eff}													7,9	9,1	11,1	6,6	7,6	9,3		
	X													36	25	18	30,2	21,1	15,1		
	ΔP _t													61	81	98	43	57	69		
4000	V _{eff}																8,8	10	12,4		
	X																50	35	25		
	ΔP _t																76	98	121		

- < 25 dB (A) *
 - 25 / 35 dB (A) *
 - 35 / 45 dB (A) *
 - > 45 dB (A) *
- A_{ef} = Área efectiva m²
 V_{eff} = Velocidad efectiva m/seg
 X = Alcance m.
 ΔP_t = Perdida carga Pa



3.4. CONCLUSIONES

La determinación y cálculo de los distintos sistemas de ventilación que han de instalarse en el futuro Centro de Transformación de SS.AA. de Turbinas de la Central Térmica de Ibiza se ha realizado teniendo en cuenta distintas premisas que han sido reflejadas a lo largo de este documento.

En primer lugar, cabe destacar que las características de los equipos y componentes que deben de componer del sistema de ventilación del que se va a dotar al nuevo CT-SAT han sido seleccionadas en base a distintos modelos comerciales.

Así mismo la estimación de la potencia térmica disipada en el CT-SAT, debe ser realizada a partir de valores comerciales de aparellajes y componentes, por lo que la estimación final de dicha potencia fue mayorada en un 20%.

En el caso concreto, a partir de un modelo comercial de extractor han sido seleccionados el resto de equipos de dicho sistema de ventilación (hueco de instalación y rejillas).

Debe tenerse en cuenta, que en caso de no seleccionarse dicho modelo de extractor, se deberá proceder a determinar unas nuevas características de todos los equipos del Sistema de ventilación, de acorde al procedimiento empleado para la determinación de dichos componentes, y mostrado en el apartado 3.3 de este documento.

De especial importancia es recordar la condición que al menos debe satisfacerse por el extractor, y es el caudal que debe permitir pasar. Dicho caudal será como mínimo, igual al determinado por cálculo y el cual es independiente frente al modelo de extractor que se seleccione.

Deberán seleccionarse, por tanto, unos equipos y componentes de diferentes características, si se selecciona otro proveedor, pero el punto de partida inicial será que el extractor elegido sea capaz de mover dicho caudal de aire.

Respecto a consideraciones dimensionales, las dimensiones de las Cabinas, y Caseta del CT-SAT son preliminares y sería conveniente revisar los cálculos cuando se confirme, finalmente, las dimensiones exactas del nuevo CT-SAT.

4. SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

4.1. PREMISAS DE CÁLCULO

El Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales establece en el apartado: “Requisitos de las Instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales” (véase Anexo III de dicho documento), que deberá instalarse un sistema automático de detección de incendios en edificios destinados a actividades de producción, montaje, transformación, reparación u otras distintas al almacenamiento si:

- Están ubicados en edificios de tipo A y su superficie total construida es de 300 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 2.000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo B, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 1.000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es medio y su superficie total construida es de 3.000 m² o superior.
- Están ubicados en edificios de tipo C, su nivel de riesgo intrínseco es alto y su superficie total construida es de 2.000 m² o superior.

Donde las diferentes configuraciones de edificios (tipo A, tipo B y tipo C) y el procedimiento de cálculo del nivel de riesgo intrínseco de incendio se pueden consultar en el Anexo I de dicho Reglamento.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA INSTALACIÓN

4.2.1 TOPOLOGÍA DEL EDIFICIO

En primer lugar se determinará, de acuerdo a las diferentes topologías de establecimientos industriales ubicados en un edificio (tipo A, tipo B y tipo C) que define la legislación vigente, cual es el que corresponde al CT-SAT.

En el Anexo 1 de dicho Reglamento se muestran las diferentes topologías de establecimientos industriales ubicados en edificios, así como su definición.

En dicho anexo se puede comprobar la siguiente definición para establecimientos de tipo B y C:

- *EDIFICIOS TIPO B: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.*
- *EDIFICIOS TIPO C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.*

En el caso concreto del CT-SAT teniendo en cuenta que el edificio construido más próximo a él, es el depósito de agua (10 m), el Centro de Transformación debería ser considerado un edificio tipo C.

4.2.2 DETERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL SECTOR DE INCENDIO (SUPERFICIE DEL CT-SAT)

La superficie construida del sector de incendios, CT-SAT, se determinará a partir de las dimensiones de caseta del mismo.

Teniendo en cuenta las siguientes dimensiones de la caseta del CT-SAT:

DIMENSIONES DE LA CASETA DEL CT-SAT		
L=Largo	W=ancho	h=altura
13 m	6 m	3,5 m

La superficie total de la caseta del CT-SAT será la suma de las superficies de las paredes de toda la caseta, por tanto:

Superficie	Fórmula de Cálculo	Área(m²)
Techo y suelo:	$2*L*W$	156
Paredes Longitudinales:	$2*(L*h)$	91
Paredes Transversales:	$2*(W*h)$	42
TOTAL SUPERFICIE CT-SAT(m²):		289

Como puede observarse la superficie del CT-SAT es muy inferior a los 1000 m², que es la mínima superficie, en edificios de tipo B, a partir de la cual el “*Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*” obliga a dotar a un edificio de sistema automático de detección de incendios.

4.2.3 CONCLUSIONES

Debido a la proximidad de la turbina de gas TG6 al CT-SAT, aunque dicha turbina no se encuentre en el interior de un edificio, y a fin de establecer unas condiciones más seguras se considerará el CT-SAT como un edificio TIPO B. Es por ello que se dotará a la instalación de un sistema automático de detección de incendios compuesto por los siguientes equipos y/o componentes, aunque la normativa no obligue a ello:

- Dos (2) detectores ópticos de humo, con capacidad para detección de fuegos de evolución lenta, con una cobertura de, aproximadamente, 60 m². Los detectores ópticos se situarán adosados al techo la Caseta del CT-SAT.
- Dos (2) detectores ópticos-térmicos de humo, con capacidad para detección de fuegos de evolución rápida, con una cobertura de, aproximadamente, 6 m². Los detectores ópticos se situarán adosados al techo los habitáculos de ubicación de los transformadores del CT-SAT.
- Un (1) módulo de control direccionable para poder realizar las maniobras de activación/desactivación a través de lazo de comunicaciones. Este módulo enviará señal a PLC de caseta del CT-SAT para poder señalar presencia de incendios se ordene desconectar los extractores del sistema de ventilación de los recintos de ubicación de TSA-1 y TSA-2 y no favorecer la propagación del incendio.
- Tres (3) módulos aisladores de cortocircuito. Estos módulos aisladores, actuarán de tal forma que en caso de detectar alguna anomalía en el circuito de detección de incendios aislarán los componentes defectuosos, situados entre dos aisladores, evitando que quede abierto el circuito.
- Dos (2) pulsadores de alarma direccionable.
- Una (1) sirena electrónica direccionable.

Así mismo, se completará el sistema de detección de incendios con la instalación de cuatro (4) extintores de 6 Kg de polvo ABC, y tensión de ensayo dieléctrico 35 kV.

ANEXO I: TABLA DATOS DEL EMPLAZAMIENTO

Los datos climatológicos del Emplazamiento de la Central térmica de Ibiza y las condiciones, en las que se debe garantizar el correcto funcionamiento del material, ubicado en ella, se listan a continuación:

- a) El emplazamiento se encuentra dentro de la Central Térmica de Ibiza. Ésta está situada en el término municipal de Ibiza.
- b) Altitud sobre el nivel del mar: Inferior a 50 m
- c) Temperatura máxima del aire ambiente (bulbo seco):..... 37 °C
- d) Temperatura mínima del aire ambiente (bulbo seco):-1 °C
- e) Humedad relativa:.....73 %
- f) Temperatura máxima de diseño equipos Electr. Exteriores: 45 °C
- g) Temperatura máxima de diseño equipos Electr. Interiores: 40 °C
- h) Pres. dinám. viento para diseño s/CTE, de 0 a 30 m: 100 kg/m²
- i) Pres. dinám... viento para diseño s/CTE, de 30 a 100m:125 kg/m²
- j) Aceleración sísmica básica (Cálculo de estructuras):..... $a_b=0,04g$ $r=1,3$

El Suministrador indicará las posibles limitaciones en cuanto a las condiciones de funcionamiento de los equipos, tanto en su conjunto como en cualquiera de los componentes que lo constituyen.

ANEXO II: VALORES CLIMATOLÓGICOS EN IBIZA.

La siguiente tabla recoge los valores climatológicos, normales, que se han producido en Ibiza durante el periodo 1971-2000, según la Agencia Estatal de Meteorología (AMET), antiguo Instituto Nacional de Meteorología.

Valores Climatológicos Normales. Ibiza / Aeropuerto

Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 16 - Latitud: 38° 52' 41" N - Longitud: 01° 22' 12" E

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	11.8	15.5	8.1	38	74	5	0	1	1	0	7	161
Febrero	12.2	16.0	8.4	33	72	5	0	0	1	0	5	167
Marzo	13.2	17.2	9.3	36	71	4	0	1	1	0	8	207
Abril	15.0	19.0	10.9	33	69	4	0	1	1	0	7	243
Mayo	18.2	22.2	14.2	26	70	3	0	1	1	0	6	277
Junio	22.0	26.1	17.8	14	68	2	0	1	0	0	11	297
Julio	25.0	29.3	20.7	6	66	1	0	0	0	0	17	335
Agosto	25.9	30.0	21.8	19	69	2	0	1	0	0	13	302
Septiembre	23.6	27.6	19.5	48	71	4	0	3	0	0	8	237
Octubre	19.6	23.4	15.9	69	72	6	0	3	0	0	5	198
Noviembre	15.6	19.3	12.0	51	73	5	0	1	0	0	4	164
Diciembre	13.1	16.7	9.6	54	74	5	0	1	1	0	5	148
Año	17.9	21.9	14.0	439	71	46	0	15	5	0	98	2732

Leyenda

T	Temperatura media mensual/anual (°C)
TM	Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
Tm	Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
R	Precipitación mensual/anual media (mm)
H	Humedad relativa media (%)
DR	Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
DN	Número medio mensual/anual de días de nieve
DT	Número medio mensual/anual de días de tormenta
DF	Número medio mensual/anual de días de niebla
DH	Número medio mensual/anual de días de helada
DD	Número medio mensual/anual de días despejados
I	Número medio mensual/anual de horas de sol