

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DIMENSIONAMIENTO DE UN GENERADOR ELECTRICO DE EMERGENCIA PARA UNA PLANTA DE VIDRIO

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

ERIK JAVIER OLIVEROS CARREÑO

**PROMOCIÓN
2007- II**

**LIMA – PERÚ
2011**

**DIMENSIONAMIENTO DE UN GENERADOR ELECTRICO
DE EMERGENCIA PARA UNA PLANTA DE VIDRIO**

Agradezco a mis padres y a mis profesores por el apoyo brindado.

SUMARIO

El presente informe de titulación tiene por propósito mostrar una forma de cómo dimensionar un generador eléctrico de emergencia para una planta de botellas de vidrio considerando sus cargas críticas típicas.

El sistema eléctrico de emergencia de una planta de vidrio tiene por principal propósito garantizar la continuidad del servicio eléctrico de las cargas críticas de la planta, por ello, este informe muestra los sistemas críticos en una planta de vidrio y explica por qué es necesaria la continuidad del servicio eléctrico en este tipo de sistemas. Este informe también muestra el sistema eléctrico de emergencia típico de una planta de vidrio.

El generador eléctrico es una de las partes más importantes del sistema eléctrico de emergencia. Este informe explica cómo dimensionar un generador utilizando el programa: “Electric Power SpecSizer” de “Caterpillar” y muestra cómo ingresar la información de las cargas y secuencias de arranque en el programa mencionado anteriormente. Finalmente se muestra como se obtiene el generador requerido.

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I	
ANTECEDENTES	
1.1 Objetivo	2
1.2 Alcances	2
1.3 Sistemas principales de una planta de botellas de vidrio con horno de combustión	2
1.3.1 El sistema de carga de materias primas para el horno	2
1.3.2 El sistema de procesamiento de materia prima	2
1.3.3 El sistema de transporte e inspección del producto terminado	3
1.3.4 Sistema de empaclado final del producto terminado	3
1.4 Sistema critico de una planta de vidrio ante la pérdida de energía eléctrica	3
CAPITULO II	
CARGAS CRITICAS EN UNA PLANTA DE BOTELLAS DE VIDRIO.	
2.1 Tablero de control y fuerza del horno	7
2.2 Tablero de control y fuerza de alimentadores	7
2.3 Tablero de control y fuerza de enfriamiento de agua	8
2.3.1 Sistema cerrado de enfriamiento de agua	8
2.3.2 Tablero de bombas de la torre de refrigeración	8
2.4 Tablero del sistema contra incendios	9
2.5 Consideraciones especiales	9
2.5.1 Tablero del sistema de limpieza de agua reciclada	9
2.5.2 Tablero de iluminación	9
2.5.3 Tablero de emergencia para cargas diversas	9
CAPITULO III	
SISTEMA ELECTRICO DE EMERGENCIA DE UNA PLANTA DE VIDRIO	
3.1 Esquema típico de un sistema eléctrico de emergencia	11

3.2	Consideraciones sobre el generador eléctrico o grupo electrógeno	11
3.2.1	Tipo de generador	12
3.2.2	Autonomía del generador y tipo de combustible	12
3.2.3	Caída de voltaje y frecuencia permitida	12
3.3	Consideraciones sobre los interruptores de transferencia	13
3.4	Consideraciones sobre los tableros del sistema de emergencia	14
3.5	Consideraciones sobre las cargas	14
3.5.1	Tipo de arranque de motores	16
3.5.2	Secuencia u orden en el arranque	16
3.6	Operación requerida del sistema eléctrico de emergencia	17
CAPITULO IV		
DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR		
4.1	Dimensionamiento del generador	22
4.2	Ingreso de cargas	22
4.3	Selección de secuencia de arranque	23
4.4	Análisis del resultado	23
CAPITULO V		
CASO PRACTICO		
5.1	Ingreso de cargas	29
5.2	Selección de la secuencia de arranque	31
5.3	Generador sugerido por el programa	31
5.4	Unifilar del sistema eléctrico de emergencia	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		38
ANEXOS		39
BIBLIOGRAFIA		44

PROLOGO

El propósito de este informe es mostrar como obtener la potencia de un generador eléctrico de una planta de vidrio. Este informe muestra como se utiliza el programa “Electric Power SpecSizer” de “Caterpillar” como herramienta para el dimensionamiento del generador.

Dimensionar un generador requiere identificar las cargas críticas a alimentar. Este informe brinda información sobre las cargas críticas de una planta de vidrio, y el motivo por el cual son tan importantes.

Para el dimensionamiento es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tipo de carga critica.
- Tipo y secuencia de arranque de las cargas criticas
- Caída de tensión y de frecuencia
- Autonomía del generador y tipo de combustible

Estas consideraciones, mencionadas anteriormente, son explicadas en este informe.

Una planta de vidrio puede perder millones de dólares en daños materiales si las cargas críticas pierden energía eléctrica. Estas cargas mantienen en correcto funcionamiento el horno de combustión siendo esta la parte más susceptible de sufrir daños ante la pérdida de energía eléctrica.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1 Objetivo

El sistema eléctrico de emergencia de una planta de vidrio tiene por objetivo proveer energía eléctrica a las cargas críticas de la planta de vidrio en caso de que el suministro normal quede interrumpido. En consecuencia el sistema de emergencia mantiene la continuidad del servicio de las cargas críticas.

Este informe tiene el propósito de mostrar una forma de cómo dimensionar el generador eléctrico de emergencia para una planta de vidrio.

1.2 Alcances

El presente informe muestra las cargas críticas, el sistema eléctrico de emergencia asociado a estas cargas, y el dimensionamiento del generador eléctrico presentes en una planta de botellas de vidrio con un horno de combustión. El dimensionamiento del generador se obtiene con el uso del programa “Electric Power SpecSizer” de “Caterpillar”.

1.3 Sistemas principales de una planta de botellas de vidrio con horno de combustión.

Los sistemas principales de una planta de vidrio son:

- El sistema de carga de materias primas para el horno
- El sistema de procesamiento de materia prima
- El sistema de transporte e inspección del producto terminado
- Sistema de empaqueo final del producto terminado

1.3.1 El sistema de carga de materias primas para el horno.

Este sistema se encarga de transportar la materia prima desde el punto de almacenamiento al cargador del horno, pasando previamente por un sistema de inspección.

El cargador del horno se encarga de introducir la materia prima en el horno, donde será fundida para convertirse posteriormente en botellas de vidrio. (Véase Figura. 1.1)

1.3.2 El sistema de procesamiento de materia prima.

El sistema de procesamiento de materia prima está formado por:

- El horno de combustión.
- Alimentadores.
- La maquina IS.

Siendo el horno de combustión y los alimentadores las partes críticas ante la pérdida de energía eléctrica.

El horno es en donde se funde la materia prima (sílice y vidrio reciclado), el vidrio dentro del horno alcanza temperaturas alrededor de los 1500°C.

Los alimentadores transportan el vidrio desde el horno a la maquina IS, que es la maquina encargada de hacer las botellas de vidrio. En los alimentadores la temperatura del vidrio esta alrededor de los 1100°C.

Dado que en el alimentador y en el horno, las temperaturas del vidrio son muy elevadas, controlar fugas de vidrio en el horno y los alimentadores es muy importante. (Véase Figura. 1.2 y Figura 1.3)

1.3.3 El sistema de transporte e inspección del producto terminado.

El sistema de transporte e inspección está conformado por las fajas transportadoras y las maquinas de inspección. Luego de que la botella de vidrio ha salido de la maquina IS, entra a una cámara de terminado, luego de este punto es inspeccionada y enviada a empaclado final. (Véase Figura. 1.4)

1.3.4 Sistema de empaclado final del producto terminado.

Este sistema se encarga de empaclar las botellas de tal manera que el cliente pueda incluirlas en su línea de proceso fácilmente, asimismo se toma en consideración el fácil transporte. Para realizar el empaclado final de las botellas de vidrio usualmente se utilizan sistemas con robots. (Véase Figura. 1.5)

1.4 Sistema critico de una planta de vidrio ante la pérdida de energía eléctrica.

El sistema más crítico de una planta de vidrio ante la pérdida de energía eléctrica es el sistema de procesamiento de materias primas, y las partes de este sistema que podrían sufrir serios daños son:

- El horno de combustión.
- Los alimentadores.

Si el horno de combustión pierde calor, este empieza a contraerse, producto de que los gases en su interior pierden calor y se contraen, estas contracciones en el horno de combustión pueden producir grietas en el horno, originando fugas del vidrio que está en estado líquido y a 1500°C, poniendo en riesgo a las personas que están en el interior de la

planta y provocando serios daños a las instalaciones de la planta. Otra forma común de que una fuga de vidrio se origine es si las paredes del horno pierden refrigeración, por ello las paredes del horno son refrigeradas constantemente con aire y agua, y este sistema de refrigeración es crítico para el correcto funcionamiento del horno.

Los cambios en el volumen en los alimentadores no son de gran magnitud, siendo la mayor preocupación el enfriamiento del vidrio en el interior de los alimentadores por la pérdida de calor. Si el vidrio se enfría en el interior de los alimentadores provocaría un mal funcionamiento de los mismos, y su reparación causaría largas paradas en la producción de la planta.

En una situación de pérdida de energía eléctrica del suministro normal, lo que se trata de hacer es seguir fundiendo vidrio en el horno y hacerlo fluir a través de los alimentadores para luego ser colocado en el sótano en un lugar preparado para recibir vidrio a altas temperaturas.

Si el horno sufriera una ruptura, provocaría un derrame de vidrio dentro de la planta, esto podría costarle millones de dólares en reparaciones a la planta, es por ello que el sistema eléctrico de emergencia es un sistema muy importante en una planta de vidrio.

Cabe resaltar que el sistema eléctrico de emergencia tiene como función principal mantener funcionando los sistemas críticos, y por ende la producción de la planta se detiene cuando se pierde el suministro normal de energía eléctrica.



Figura 1.1 Cargador de Materias Primas

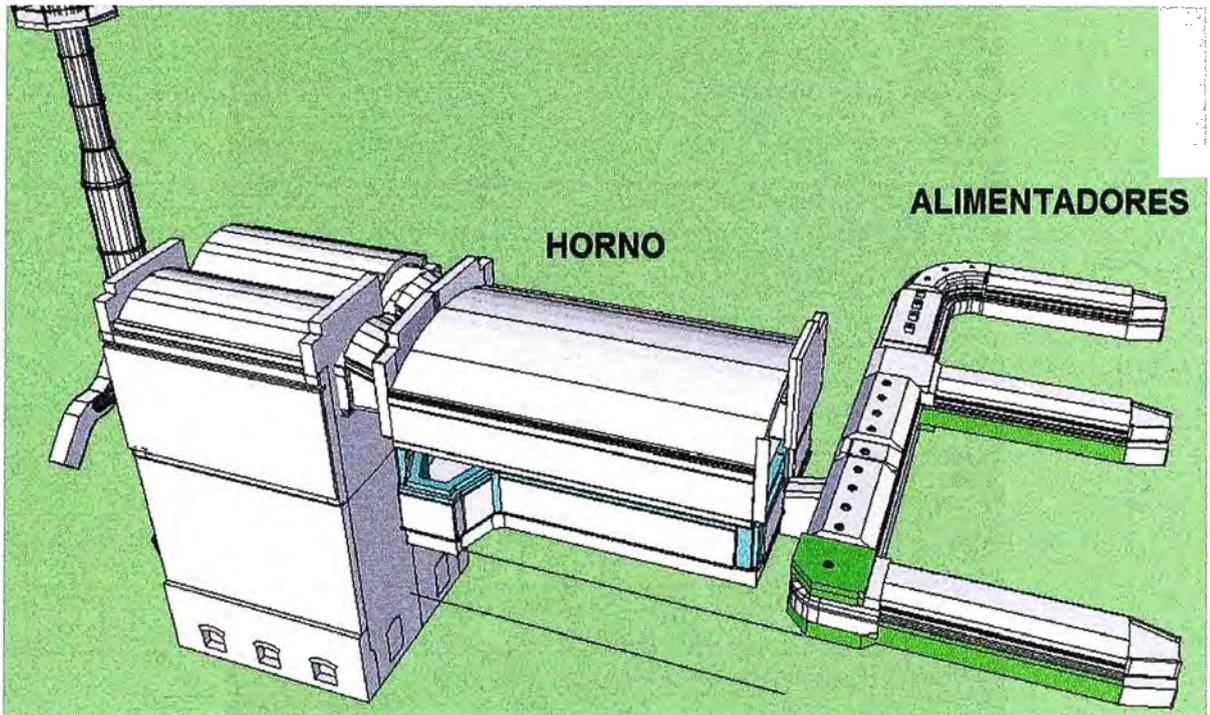


Figura 1.2 Horno de combustión y alimentadores.

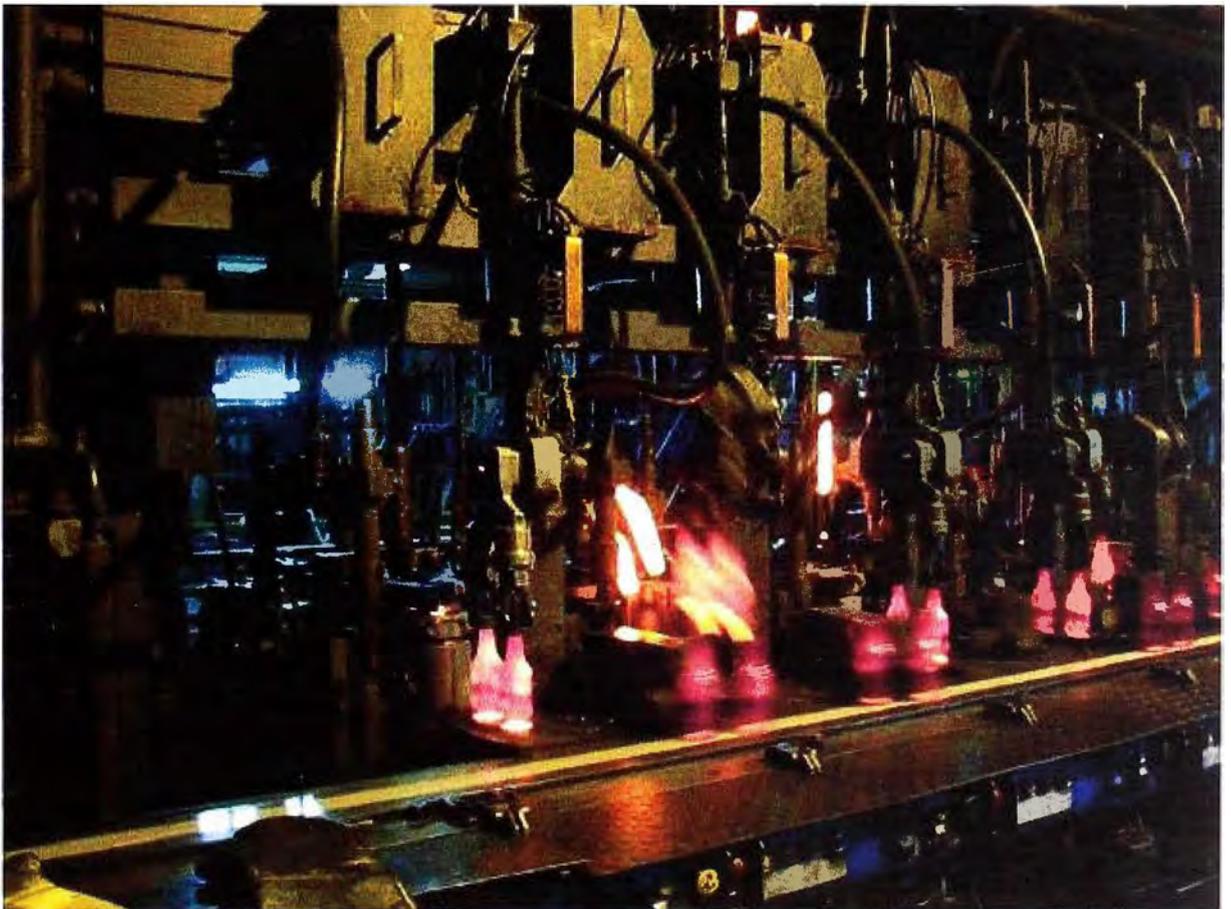


Figura 1.3 Máquina IS.



Figura 1.4 Sistema de transporte e inspección.



Figura 1.5 Sistema de empacado final.

CAPITULO II

CARGAS CRITICAS EN UNA PLANTA DE BOTELLAS DE VIDRIO.

2.1 Tablero de control y fuerza del horno

El tablero de control y fuerza del horno conocido como MMCC, es el tablero al que van conectados los motores encargados de la combustión y del aire de refrigeración de las paredes del horno, así como los equipos de control del horno. Las cargas más comunes conectadas a este tablero son:

- Motores de enfriamiento de paredes del horno.
- Motores del aire de combustión.

Comúnmente son dos los motores de enfriamiento de paredes del horno, de 100HP cada uno. Los motores de combustión comúnmente también son dos, uno de 30HP y otro de 75HP. Un aspecto importante a resaltar es que solo durante producción normal los dos motores de 100HP operan a la vez, en estado de operación mínima, como es el caso de pérdida de la energía del suministro normal, se opera con solo un motor de 100HP

Otro punto importante a resaltar en este tablero es que normalmente los arranques en estos motores son arranques a voltaje reducido utilizando arrancadores suaves. Este detalle es importante para hacerlo notar al momento del dimensionamiento del generador.

En algunas plantas se conectan a este tablero otras cargas como tableros de control para servicios del horno.

Las tensiones de servicio pueden darse entre 380V, 480V y 600V dependiendo del cliente. Este tablero en 480V normalmente alimenta en suma una carga de 300HP.

(Véase Figura. 2.1)

2.2 Tablero de control y fuerza de alimentadores

El tablero de control y fuerza de alimentadores, conocido como FAMCC, es el tablero que alimenta a los motores encargados del enfriamiento de los alimentadores, también alimenta los tableros de fuerza de los sistemas de combustión de los alimentadores.

Las tensiones de servicio pueden darse al igual que el tablero del horno, entre 380V, 480V y 600V dependiendo del cliente.

Los motores que alimenta este tablero, comúnmente son:

- Dos motores de 15HP para los sistemas de combustión
- Dos motores de 10HP, también para los sistemas de combustión
- Diez motores de 1HP cada uno, para los sistemas de enfriamiento

A diferencia del tablero de control y fuerza del horno, los motores que controla el tablero de alimentadores utilizan variadores. El tipo de variadores son de 6 pulsos y se utilizan filtros. Este detalle será necesario tener en cuenta para el momento de dimensionar el generador.

Este tablero en 480V normalmente alimenta en suma una carga de 60HP.

Asimismo este tablero cuenta con la capacidad de arrancar los motores con la opción de bypass, esto significa hacer un arranque directo. (Véase Figura. 2.2)

2.3 Tablero de control y fuerza de enfriamiento de agua.

El horno de combustión necesita agua de refrigeración para ciertas zonas, entonces la planta debe contar con un sistema para refrigerar el agua antes de ser usada.

Normalmente se necesita alimentar dos tableros para enfriar el agua antes de ser usada:

- Tablero del Sistema cerrado de enfriamiento de agua
- Tablero de Bombas de la torre de refrigeración

Dependiendo del tamaño del horno, la cantidad de tableros de puede variar, usualmente es un tablero para el sistema cerrado de enfriamiento de agua y un tablero de bombas de la torre de refrigeración por horno.

La refrigeración del horno es de suma importancia para evitar fugas de vidrio.

2.3.1 Sistema cerrado de enfriamiento de agua

Este sistema, usa un tablero de control y fuerza que debe ser alimentado constantemente.

Los motores alimentados por este sistema usan variadores para su control y arranque, lo cual es un punto importante a considerar al dimensionar el generador.

Este tablero en 480V normalmente alimenta en suma una carga de 50HP.

2.3.2 Tablero de Bombas de la torre de refrigeración

Este tablero energiza los motores que hacen circular el agua a través de la torre de refrigeración, el número y tamaño de las torres de refrigeración a utilizar depende del tamaño del horno de la planta.

La forma de arrancar de los motores de las torres de refrigeración que son alimentados por estos tableros puede darse usando arranque directo o variadores.

El tablero que alimenta las bombas de la torre de refrigeración, en 480V, normalmente

alimenta en suma una carga de 75HP.

2.4 Tablero del sistema contra incendios

Este tablero es el encargado de alimentar los motores que mantiene la presión del agua en el sistema contra incendios de la planta, es un requerimiento de la NFPA que este tablero esté conectado al sistema eléctrico de emergencia.

Este tablero a 480V, usualmente alimenta en suma una carga de 40HP.

2.5 Consideraciones especiales

Las cargas listadas anteriormente son las cargas críticas más usuales en las plantas de vidrio con horno de combustión, y dado que son solo las más usuales, se recomienda siempre hacer una revisión general de todo el sistema para asegurarnos de que hemos considerado todas las cargas críticas en nuestro sistema eléctrico de emergencia.

Entre las cargas poco comunes destacan las siguientes cargas:

- Tablero del sistema de limpieza de agua reciclada
- Tablero de iluminación
- Tablero de emergencia para cargas diversas

2.5.1 Tablero del sistema de limpieza de agua reciclada

Algunas plantas reciclan el agua, dado el costo elevado de este elemento el lugar en donde se encuentran estas plantas. En consecuencia necesitan un sistema de limpieza de agua, antes de volver a recircular por los ductos del sistema de refrigeración.

Estos tableros a 480V, usualmente alimenta en suma una carga de 75HP.

2.5.2 Tablero de iluminación

Algunas plantas requieren especial iluminación en ciertas áreas y dado que las luces de emergencia a baterías no son lo más adecuado, se opta por conectar el tablero de iluminación al sistema eléctrico de emergencia también. Cabe resaltar que este tablero de iluminación no reemplaza a las luces de emergencia a baterías, estas se siguen utilizando en la planta.

Estos tableros de iluminación a 480V, usualmente necesitan 25A en régimen estable.

2.5.3 Tablero de emergencia para cargas diversas

Algunas plantas requieren un tablero de emergencia para conectar cargas poco comunes y a la vez tener interruptores de reserva para poder conectar cargas futuras al sistema de emergencia. Se suele conectar a este tablero el tablero de iluminación, pero también se suele utilizar solo el tablero de emergencia para cargas diversas sin el tablero de iluminación.

El tablero de emergencia para cargas diversas en 480V, usualmente es de 80A.

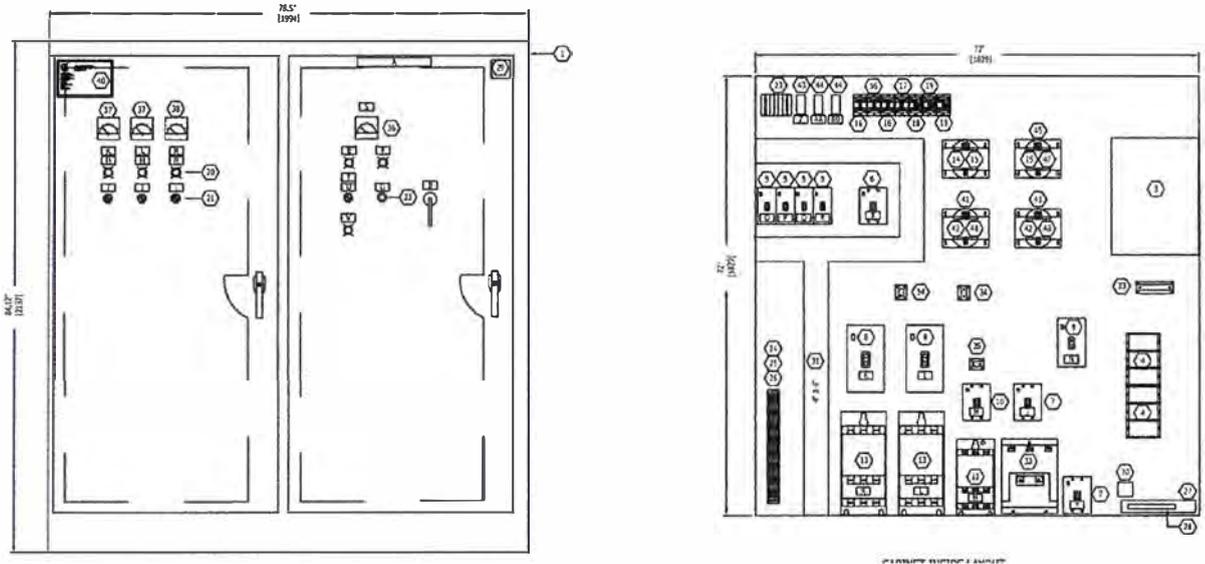


Figura 2.1 Tablero de control y fuerza del horno.

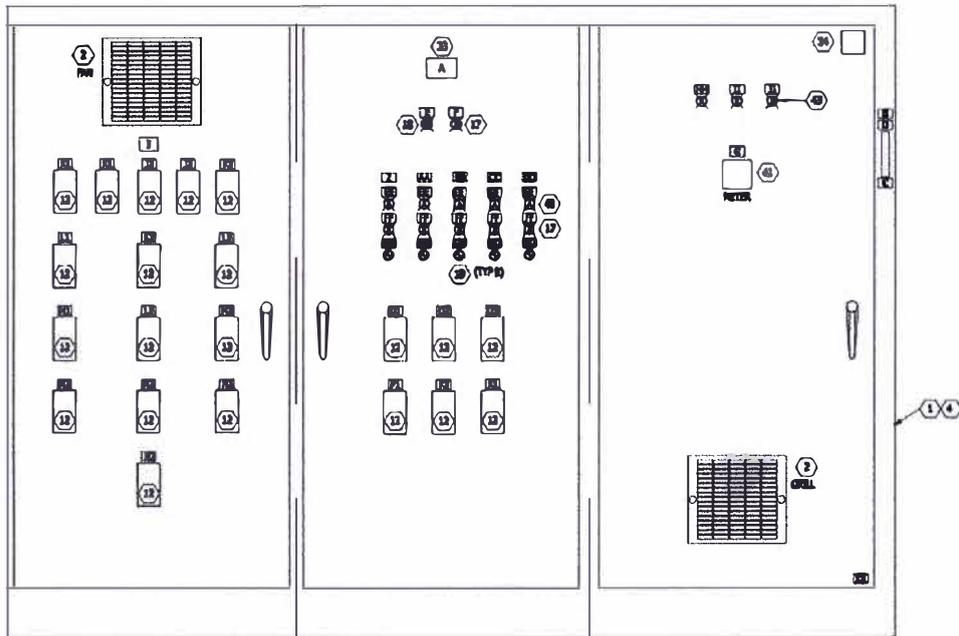


Figura 2.2 Tablero de control y fuerza de alimentadores.

CAPITULO III

SISTEMA ELECTRICO DE EMERGENCIA DE UNA PLANTA DE VIDRIO

3.1 Esquema típico de un sistema eléctrico de emergencia

En una planta de vidrio un sistema eléctrico de emergencia consta básicamente de:

- Generador o grupo electrógeno
- Interruptores de transferencia
- Panel auxiliar de emergencia
- Tablero de emergencia para cargas diversas
- Estación remota de alarmas

En el anexo A, se muestra el esquema típico de un sistema eléctrico de emergencia de una planta de vidrio.

En este esquema se puede observar que existen dos ATS, conectados al generador que alimentan dos paneles, el “Panel auxiliar de emergencia” y el “Tablero de emergencia para cargas diversas”.

A su vez se puede observar que hay cuatro MTS conectados al Panel auxiliar, y se puede ver como los MTS le proporcionan a las cargas, la opción de ser conectadas a otra fuente de suministro normal, esto le da una mayor confiabilidad al sistema.

Como se indico anteriormente estas cargas son críticas y el sistema necesita ser bastante confiable.

También se puede observar el panel de alarmas, estas alarmas se llevan a la sala de control en donde se monitorea todo el proceso de transformación de materia prima en el horno.

Se resalta la comunicación que existe entre los ATS y el panel de control del generador, este intercambio de señales hace posible el arranque automático del generador, su parada, el proceso de sincronismo y la transferencia automática de carga.

3.2 Consideraciones sobre el generador eléctrico o grupo electrógeno.

Es uno de los elementos más importantes del sistema de emergencia ya que este será el elemento que proveerá la energía eléctrica necesaria para mantener las cargas críticas operando.

La capacidad nominal requerida del generador es determinada por las cargas, considerando el tipo de cargas, condiciones en el arranque y secuencias de arranque.

Para obtener un correcto funcionamiento del sistema de emergencia, se tienen las siguientes consideraciones sobre el generador:

- Tipo de generador
- Autonomía del generador y tipo de combustible
- Caída de voltaje y frecuencia permitida

3.2.1 Tipo de generador

El tipo de generador utilizado casi siempre es el tipo “Principal”. El motivo de esto es que la planta necesita tener la garantía de que el generador puede trabajar por largos periodos de tiempo. La característica principal de los generadores del tipo “Principal”, es que pueden trabajar largos periodos de tiempo y a cargas variables, por ende son generadores más robustos y más costosos que los generadores del tipo “Auxiliar”.

Cabe citar casos en los que más de una vez ha ocurrido que por problemas en las redes de distribución debido a causas naturales, varias plantas en Norteamérica han quedado sin energía por varios días. Debido a estas experiencias previas es que se tiene en consideración inicial a los generadores del tipo “Principal”.

3.2.2 Autonomía del generador y tipo de combustible.

La autonomía del generador, suele ser de 8 hrs, en lugares donde se puede obtener con facilidad el combustible, si no es el caso, se considera 24hrs o mas dependiendo del lugar y la inaccesibilidad para poder reabastecer de combustible rápidamente al generador.

Asimismo el tipo de combustible usualmente es diesel, o en todo caso el tipo de combustible que se pueda obtener con mayor facilidad en el área.

3.2.3 Caída de voltaje y frecuencia permitida.

Para el diseño del sistema eléctrico de emergencia se considera una caída de voltaje máxima del 20%, esto se indica por carga al momento de ingresar los datos de entrada en el programa que selecciona el generador.

En el caso de la frecuencia, se considera una caída máxima de 20%.

ISO8528-1-7 agrupa las cargas para luego asignar un cuadro de valores permisibles en caídas de tensión y frecuencia.

La forma como los grupos están clasificados están mostrados en la Tabla N° 3.1, y las características de cada grupo están mostrados en la Tabla N° 3.2

Observando la Tabla N° 3.1 y la Tabla N° 3.2, vemos que las cargas de la planta están en el

grupo G2 y G4, ya que se tienen cargas como ventiladores y también cargas sensibles en el centro de control. Es por esto que tomando en consideración que para las cargas que están dentro del grupo G4, se puede llegar a un acuerdo entre el proveedor y el cliente, se toma los valores de caída para voltaje y frecuencia mencionados anteriormente.

3.3 Consideraciones sobre los interruptores de transferencia.

Se tienen dos tipos de interruptores de transferencia que pueden ser utilizados para realizar la transferencia de carga:

- Los ATS, interruptores de transferencia automática
- Los MTS, interruptores de transferencia manual

Para realizar la transferencia de carga, se suele optar por los interruptores de transferencia automática (ATS) para las cargas que necesitan una respuesta más rápida y para aquellas cargas que los operadores no suelen tomar en cuenta. Cabe resaltar que en una situación de pérdida de energía eléctrica los equipos a los que los operadores les prestarían más atención dada su importancia son los tableros de control y fuerza del horno y alimentadores.

La forma de alimentar las cargas usando los ATS es a través de un tablero intermedio, en el que se concentran las cargas a ser alimentadas, usualmente se emplean dos tableros como lo muestra la figura 3.1.

Las cargas que son alimentadas vía transferencia automática por medio de los tableros mostrados en la figura 3.3, usualmente son:

- Sistema cerrado de enfriamiento de agua
- Tablero de Bombas de la torre de refrigeración
- Tablero del sistema contra incendios
- Tablero del sistema de limpieza de agua reciclada
- Tablero de iluminación
- Tablero de emergencia para cargas diversas

Usualmente se utilizan ATS con transferencia cerrada, esto quiere decir que el ATS verifica la sincronización entre las fuentes antes de realizar la transferencia, y la carga nunca pierde energía eléctrica cuando se da este tipo de transferencia cerrada. Cabe resaltar que esta característica solo se aprovecha cuando se está restaurando las cargas críticas a la fuente de suministro normal.

El otro tipo de interruptores de transferencia utilizados, son los interruptores de transferencia manual (MTS), usualmente los tableros de control y fuerza del horno y

alimentadores utilizan MTS para ser alimentados por el generador, con el uso de los MTS también se aprovecha la característica de secuencia de arranque para poder dimensionar un generador de menor potencia nominal.

También se utilizan los MTS para darle a ciertas cargas una segunda opción para ser alimentadas, esto vuelve al sistema más confiable. Las cargas en las que se suele utilizar MTS son:

- Tablero de control y fuerza del horno (MMCC)
- Tablero de control y fuerza de los alimentadores (FAMCC)
- Tablero de control y fuerza de enfriamiento de agua

La forma de conectar estas cargas utilizando los MTS se muestra debajo en la figura 3.2

Como se puede observar en la figura 3.2, el MTS le brinda por ejemplo, al tablero del horno, la posibilidad de conectarse al suministro principal directamente o a través del panel auxiliar de emergencia, si el tablero del horno se conecta al suministro principal directamente, no necesariamente lo hace a través de la misma subestación, puede darse el caso que el sistema haya sido diseñado de tal modo que el tablero del horno las cargas mostradas arriba puedan ser alimentadas desde dos subestaciones distintas, esto para darle más confiabilidad al sistema.

3.4 Consideraciones sobre los tableros del sistema de emergencia.

Usualmente se centralizan las cargas que serán alimentadas por el generador a dos paneles:

- Panel auxiliar de emergencia
- Tablero de emergencia para cargas diversas

El panel auxiliar de emergencia es el panel que centraliza la mayoría de cargas como se puede ver en el anexo A, es un tablero de interruptores de caja moldeada.

El tablero de emergencia para cargas diversas, no siempre se usa en todas las plantas, depende de los requerimientos de estas, se suele utilizar este tablero cuando la planta necesita alimentar un tablero de iluminación especial o cargas diversas.

3.5 Consideraciones sobre las cargas.

Dado que la capacidad del generador depende del tipo de carga que va a alimentar, así como de su tipo y secuencia de arranque, se necesita identificar el tipo de carga correctamente. Dependiendo del comportamiento de la carga, es que estas se agrupan. Los tipos de cargas típicos son los siguientes:

- Aire acondicionado
- Bomba centrífuga

- Carga no lineal
- Carga Resistiva
- Cargador de baterías
- Elevados / Ascensor
- Equipo de oficina
- Equipo medico
- Horno de inducción
- Iluminación
- Motor
- Soldador
- UPS

En las plantas de vidrio la mayoría de cargas críticas son motores trifásicos utilizados para aire de combustión o refrigeración, asimismo tenemos bombas centrifugas. Las otras cargas más comunes son tableros de control de consumos de potencia muy bajos, si los comparamos con los motores, estos tablero entrarían en la clasificación de UPS en el grupo de cargas mostrado anteriormente, esto debido a su capacidad para producir armónicos.

Cuando representemos la carga del tablero de control y fuerza de los alimentadores por ejemplo, mayormente se considerara como potencia total, solo la potencia de los motores que este tablero alimenta y dado que la potencia de los tableros de control es muy baja no se considera como carga.

Un caso típico de cargas que podríamos encontramos esta mostrado en la figura 3.3.

Al dimensionar el generador, tenemos que ingresar en el programa de dimensionamiento las cargas que el generador va a alimentar, es por eso que debemos hacer una correcta categorización y separación de las cargas que tenemos, si observamos la figura 3.5 mostrada arriba, veremos que el tablero alimenta dos motores y un tablero de control, entonces si los motores fueran cada de 100HP y el tablero de control fuera de 3KVA, al momento de representar esta carga en el programa se despreciaría los 3KVA de la parte de control, asimismo dado que los motores son de un tamaño considerable, la mejor forma de considerarlos en el programa es de manera individual, es decir, considerar que son dos motores individuales.

Tener identificado correctamente el tipo de carga es muy importante para el generador, ya que de esa manera se puede predecir el comportamiento que tendrá la carga en régimen estable y en los transitorios.

Siendo las cargas más representativas en la planta, los motores trifásicos, hay dos características muy importantes que debemos considerar y son:

- Tipo de arranque de motores
- Secuencia u orden en el arranque

3.5.1 Tipo de arranque de motores

El tipo de arranque de los motores es una característica que hace variar el tamaño de los generadores, y esto se debe a la corriente de arranque, que a su vez afecta la potencia requerida por el motor en el arranque, potencia que deberá ser suministrada por el generador. Si la potencia de requerida en el arranque es mayor nuestro generador tendría que ser de mayor capacidad nominal y esto lo haría más costoso.

Los tipos de arranque más comunes son con:

- Arrancador suave
- Arranque directo
- Autotransformador, tap al 50%
- Autotransformador, tap al 65%
- Autotransformador, tap al 80%
- Estrella triangulo
- Reactancia
- Resistencia
- Variador

La tabla 3.3, muestra el impacto que puede causar en el voltaje y corriente el tipo de arranque que tengan nuestras cargas, es por eso la importancia de conocer cómo serán arrancados los motores que alimentan los tableros que serán conectados a nuestro sistema de emergencia.

Cabe resaltar que los motores de la planta usualmente utilizan arrancadores suaves o variadores, los variadores que se utilizan son de 6 pulsos y utilizan filtros.

3.5.2 Secuencia u orden en el arranque

El orden en el arranque, es algo que va afectar al generador directamente, ya que cuando el generador asume carga, se reduce la velocidad del motor del grupo eléctrico, esto conlleva a una caída en la tensión y frecuencia, mientras más grande sea la carga la caída de tensión es mas brusca, si se quiere reducir los niveles de caída de tensión al asumir la carga, el generador debe ser de mayor tamaño. La figura 3.4, muestra cómo se comporta la velocidad del motor del grupo, cuando asume carga, y cuando pierde carga.

Para evitar los cambios muy severos en los niveles de tensión y frecuencia se trata de darle una secuencia a la forma como el generador va a asumir carga. La mejor forma de cómo el generador debería asumir la carga, es empezando por las cargas de mayor tamaño, el otro criterio a considerar es empezar por las cargas de mayor importancia.

Para el diseño del sistema de emergencia de la planta, se tiene en cuenta un factor adicional, dado que se utilizan solo dos ATS, que son los que harían una transferencia desatendida, solo se pueden hacer dos pasos de carga automática, luego de esto solo queda la transferencia de carga manual, es esta prevención al error por factor humano, lo que lleva a tener la siguiente secuencia:

1ro, se alimentan las cargas más importantes y las que los operadores podrían no hacer la transferencia manual por error.

2do, se alimenta el tablero del horno, de manera manual.

3ro, y ultimo, se alimenta el tablero de los alimentadores, de manera manual.

Se hace notar que los tableros que normalmente son mas atendidos por los operadores son los tableros del horno y de los alimentadores.

3.6 Operación requerida del sistema eléctrico de emergencia.

La operación requerida es la siguiente: en caso de que el suministro normal de energía eléctrica falle, lo que sucederá es que todas las cargas conectadas a él “Tablero auxiliar de emergencia” y a él “Tablero de emergencia para cargas diversas” perderán energía eléctrica, inmediatamente el generador entrara en proceso de arranque, lo cual tomara un lapso aproximado de 10 segundos, luego de esto los ATS realizaran la transferencia, luego de esto, los operadores deberán activar los MTS en forma manual y secuencial, normalmente se conecta primero el tablero del horno y luego el tablero de los alimentadores.

Cuando la energía eléctrica es restablecida en el suministro normal, los ATS deberán hacer el proceso de sincronismo, previo a la transferencia de carga. El proceso de sincronismo garantiza que no ocurra una falla en el sistema. Esta transferencia de carga se realizara a circuito cerrado, sin pérdida de energía eléctrica para las cargas. Esta característica es muy importante ya que los operadores no necesitaran encender nuevamente los tableros que perdieron energía. Todo esto se da si los ATS son del tipo transferencia cerrada que son los que usualmente se utilizan en estos sistemas. Luego de que la transferencia de carga tiene lugar, los operadores deberán de activar los MTS y regresar las cargas conectadas a los MTS al suministro normal.

Luego de esto se inicia el proceso de apagado del generador.

Tabla N° 3.1 Grupos de cargas según ISO

G1	Requerido por aplicaciones donde las cargas conectadas son tales que solo parámetros básicos de voltaje y frecuencia necesitan ser especificados	Aplicaciones para propósitos generales como iluminación y otras cargas eléctricas
G2	Requerido por aplicaciones donde las cargas tienen requerimientos de voltaje que normalmente son los suministrados por el sistema comercial de energía. Cuando los cambios de carga, generan cambios en voltaje y frecuencia aceptables.	Sistemas de iluminación, bombas, ventiladores y grúas.
G3	Requerido por aplicaciones donde las cargas tienen requerimientos de voltaje y frecuencia que podrían no ser suministrados por el sistema comercial de energía.	Equipos de telecomunicaciones
G4	Requerido por aplicaciones donde las cargas tienen requerimientos de voltaje y frecuencia muy exigentes y que probablemente no puedan ser suministrados por el sistema comercial de energía.	Procesamiento de datos y equipos de cómputo.

Tabla N° 3.2 Cuadro de tolerancias de voltaje y frecuencia según ISO

	Clase G1	Clase G2	Clase G3	Clase G4
Frecuencia (%) Aceptada	-15	-10	-7	AMC
Frecuencia (%) En rechazo	18	12	10	AMC
Voltaje (%) Aceptada	-25	-20	-15	AMC
Voltaje (%) En rechazo	35	25	20	AMC
Tiempo en segundos	5	5	3	AMC

AMC: Acuerdo entre el proveedor y el cliente.

Tabla N° 3.3 Voltaje y corriente porcentuales en el arranque de motores

Tipo de arranque	% del Voltaje de línea aplicado al motor	% corriente utilizada por el motor, de la corriente en arranque directo
Autotransformador (80%)	80	68
Autotransformador (65%)	65	46
Autotransformador (50%)	50	29

Resistencia (80%)	80	80
Reactancia (50%)	50	50
Estrella triangulo	57	33
Arrancador suave	ajustable	ajustable

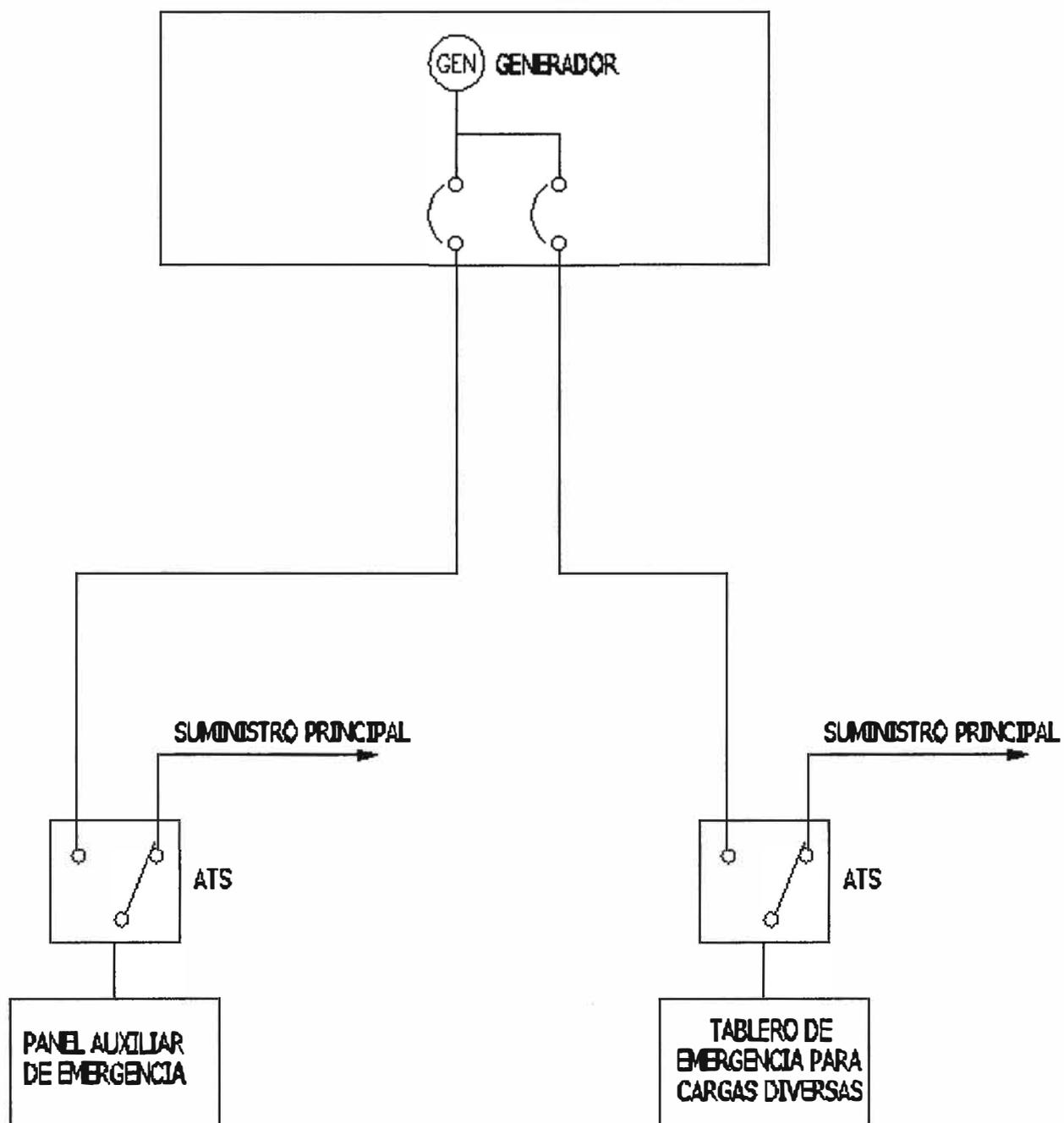


Figura 3.1 Esquema generador - tableros

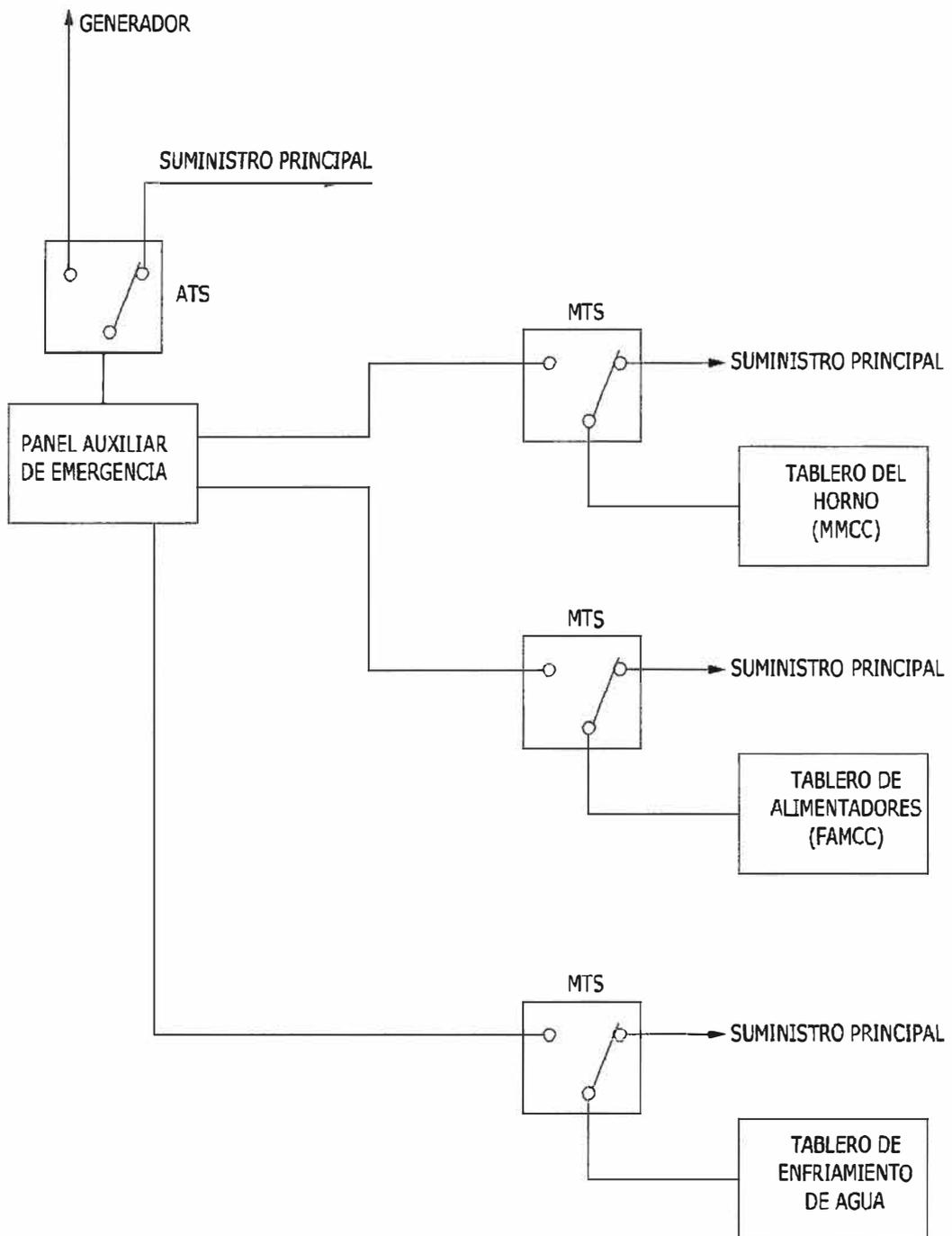


Figura 3.2 Esquema tablero – MTS

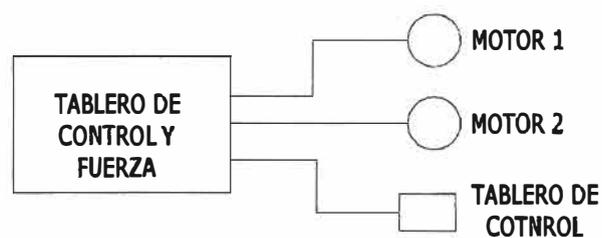


Figura 3.3 Esquema de cargas típicas de un tablero de control y fuerza

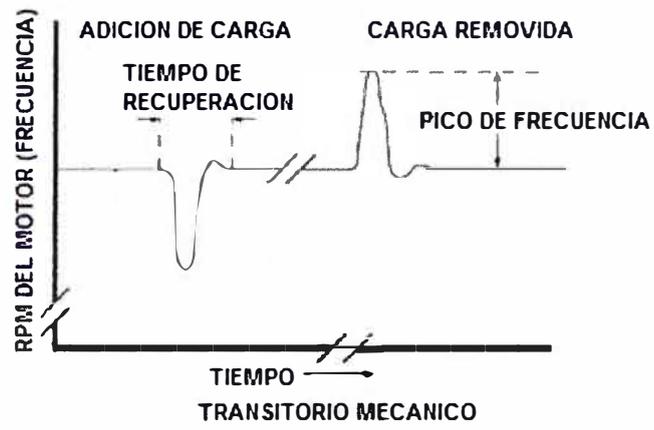


Figura 3.4 RPM del motor del grupo electrógeno vs tiempo

CAPITULO IV

DIMENSIONAMIENTO DEL GENERADOR

4.1 Dimensionamiento del generador

Para dimensionar el generador eléctrico se puede utilizar varios programas u hojas de cálculo ya preparadas. En este informe se muestra el uso del programa “Electric Power SpecSizer” de “Caterpillar”. Para realizar el dimensionamiento del generador se considera la potencia nominal de las cargas a alimentar, las corrientes de arranque de estas cargas, la caída de tensión y la caída de frecuencia. Como resultado final se obtiene el generador que mejor se adapta a los requerimientos de la planta.

4.2 Ingreso de cargas

Al ingresar las cargas en el programa, se tiene que indicar el tipo de carga a ingresar, así como el tipo de arranque.

El dimensionamiento del generador depende mucho de la corriente requerida por las cargas en el arranque. En el caso de los motores trifásicos y bombas, que son las cargas más comunes en las plantas, el programa realiza un cálculo de la corriente de arranque basado en la potencia del motor y la forma de arranque.

Los motores bajo la norma Nema tienen ciertos valores de KVA por cada HP en el momento del arranque. Esto lo podemos observar en la tabla N°. 4.1.

El código de letras usualmente aplicado y utilizado por el programa que estamos aplicando esta mostrado en la siguiente tabla N°. 4.2.

Si el arranque del motor fuera directo, la potencia requerida en el arranque podría ser calculada utilizando las tablas mostradas anteriormente. El programa considera estas tablas en su cálculo interno, adicionalmente a esto, el programa considera la opción de distintas formas de arranque, en nuestro caso los arranques que mas utilizamos son utilizando arrancadores suaves y variadores.

Cuando se utilizan arrancadores suaves, la potencia y corriente requeridas en el arranque son mucho menores, y esto nos beneficia al dimensionar el generador, ya que podremos obtener un generador de menor capacidad, y por ende de menor costo. Uno de los motivos

principales por los que la potencia requerida por el generador aumenta es por las corrientes de arranque de las cargas que se conectan al generador.

En el uso de variadores se tiene que indicar de cuantos pulsos es el variador y si se está utilizando filtros, esto le brinda al programa la información necesaria para el cálculo de los armónicos en el sistema.

En la figura 4.1 se puede observar como el programa calcula para un motor de 100HP en arranque directo, la potencia de arranque requerida.

4.3 Selección de secuencia de arranque

En el programa se indica la secuencia de arranque deseada, para el caso de los sistemas de emergencia de las plantas de vidrio, usualmente se tienen 3 pasos, siendo los dos últimos los tableros del horno y de los alimentadores.

La secuencia de arranque puede ser cambiada a elección en el programa para buscar el mejor dimensionamiento del generador.

En la figura 4.2 se muestra el ejemplo de una secuencia de arranque de 3 pasos, con 11 cargas, arrancando en primer lugar 8 cargas, luego 2 y luego 1.

4.4 Análisis del resultado

Con la información de cargas ingresadas el programa realiza la selección del generador que más se ajusta a nuestra necesidad, la figura 4.3 muestra una lista de generadores y la selección que hizo el programa, a modo de ejemplo.

Como información adicional también tenemos el porcentaje de la capacidad del grupo electrógeno utilizada, esto nos dirá que tanto estamos utilizando la capacidad disponible del grupo, y podremos optar por ir un grupo de capacidad diferente, por ejemplo se podría dar el caso que estemos al 90%, y optemos por un tamaño superior previniendo un crecimiento de la planta, y aumento de ciertas cargas.

Asimismo el programa nos brinda un resumen técnico del generador que seleccionamos como lo muestra la figura 4.4.

Cabe resaltar que el programa nos sugiere el generador basado en el requerimiento mínimo, si nosotros diseñamos nuestro sistema con una visión de crecimiento futuro tendríamos que indicar en el programa nuestras cargas futuras para poder obtener un dimensionamiento correcto.

El programa también nos brinda información acerca de la caída de tensión y frecuencia en el momento en que se asume la carga, esta información nos permitirá saber que tan

cercanos a los valores límites requeridos nos encontramos, y optar por un generador de mayor tamaño si lo creemos necesario.

Tabla N°. 4.1 KVA de rotor bloqueado por HP según código de letra del motor.

Designación de Letra	KVA / HP*
A	0.0 – 3.15
B	3.15 – 3.55
C	3.55 – 4.0
D	4.0 – 4.5
E	4.5 – 5.0
F	5.0 – 5.6
G	5.6 – 6.3
H	6.3 – 7.1
J	7.1 – 8.0
K	8.0 – 9.0
L	9.0 – 10.0
M	10.0 – 11.2
N	11.2 – 12.5
P	12.5 – 14.0
R	14.0 – 16.0
S	16.0 – 18.0
T	18.0 – 20.0
U	20.0 – 22.4
V	22.4 – en adelante

*La letra corresponde al valor numérico más bajo, ejemplo: 3.15 corresponde a la letra B

Tabla N°. 4.2 Código de letra usualmente aplicado

Código de letras		F	G	H	J	K	L
HP	3 fases	15 y sup.	10 – 7.5	5	3	2 – 1.5	1
	1 fase	---		3	2 – 1.5	1 – 0.75	0.5

Motor trifásico

Nombre de la carga: _____

Cantidad:

Tipo:

Potencia absorbida:

% de caída de frecuencia permitida:

Caída de tensión máxima admisible (%):

Método de arranque: Arranque intermitente

Rendimiento (%): Usar opciones predeterminadas

Código NEMA: Arranque del motor en carga

Factor de potencia en arranque directo:

Factor de potencia nominal:

Carga Total (%):

Intensidad de arranque	Funcionamiento Nominal	No lineal
kVA de arranque <input type="text" value="530.00"/>	kVA <input type="text" value="89.09"/>	kVA de arranque <input type="text" value="0.00"/>
kW de arranque <input type="text" value="169.60"/>	kW <input type="text" value="80.18"/>	kVA reactivo <input type="text" value="0.00"/>

Figura 4.1 Ingreso de motor trifásico

Número de escalón	Escalón		Consumo máximo		Nominal		No lineal		% de caída máxima permitida		
	kVA de arranque	kW de arranque	kVA de arranque	kW de arranque	kVA	kW	kVA de arranque	kVA reactivo	Frecuencia	Voltaje	
Paso1	8 Carga(s)	113.3	106.8	347.9	318.4	301.8	282.6	23.5	235.2	20.0	20.0
Paso2	2 Carga(s)	244.9	116.1	526.2	424.6	448.4	414.8	455.8	293.2	20.0	20.0
Paso3	1 Carga(s)	5.7	5.1	511.2	471.4	505.5	466.2	298.9	350.3	20.0	20.0

Datos de la carga	Intensidad de arranque		Nominal		No lineal		% de caída máxima permitida	
	kVA de arranque	kW de arranque	kVA	kW	kVA de arranque	kVA reactivo	Frecuencia	Voltaje
Tablero de bombas de la torre de refrigeración NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 75.00 HP (Carga#1 of 8)	7.1	6.4	70.6	63.6	7.1	70.6	20.0	20.0
Tablero del sistema de limpieza de agua reciclada NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 60.00 HP (Carga#2 of 8)	5.7	5.1	57.1	51.4	5.7	57.1	20.0	20.0
Tablero del ventilador de la torre de refrigeración NEMA, Motor trifásico, En Línea directa, Cargado 1 X 5.00 HP (Carga#3 of 8)	33.5	19.1	5.6	4.4	0.0	0.0	20.0	20.0
Bomba contra inundaciones del sótano NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 10.00 HP (Carga#4 of 8)	1.0	0.9	10.4	9.3	1.0	10.4	20.0	20.0
Sistema cerrado de enfriamiento de agua NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 40.00 HP (Carga#5 of 8)	3.9	3.5	38.5	34.7	3.9	38.5	20.0	20.0
Sistema de servicios sanitarios NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 20.00 HP (Carga#6 of 8)	2.0	1.8	20.0	18.0	2.0	20.0	20.0	20.0
Tablero del sistema contra incendios NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único								

Resumen del análisis de carga

Figura 4.2 Secuencia de arranque

Parámetros del proyecto | Escenario de carga | Selección del grupo electrógeno | Técnicos

Selección de grupo electrógeno

Número de grupos electrógenos: 1

500,0 EkW / 625,0 kVA 60 Hz Principal, 480/277V, C18 ATAAC LOW BSFC, LC6134G PM LC RANDOM, R448 1:1 pendiente

Nota: El grupo electrógeno seleccionado es el MÁS APTO para los requisitos del sitio/carga.

EkW de fábrica de grupo electrógeno	kVA de fábrica de grupo electrógeno	EkW de grupo electrógeno en sitio	kVA del grupo electrógeno en sitio	kVA del alternador en sitio	Servicio del grupo electrógeno	Modelo de grupo electrógeno	Posenfriador	Emisiones de gases	Estructura del alternador	Excitación del alternador	Devanado
500,0	625,0	500,0	625,0	880,0	Principal	C18	ATAAC	EPA T2	LC7024J	AREP	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	880,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC7024J	AREP	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	836,0	Principal	C18	ATAAC	EPA T2	LC7034J	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	836,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC7034J	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	745,0	Principal	C18	ATAAC	EPA T2	LC7034F	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	745,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC7034F	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	745,0	Principal	C18	ATAAC	EPA T2	LC7024F	AREP	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	745,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC7024F	AREP	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	EPA T2	LC6134G	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC6134G	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC6134G	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	EPA T2	LC6114G	SE	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC6114G	SE	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	LOW BSFC	LC6114G	SE	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	880,0	Principal	C15	ATAAC	EPA T2	LC7034J	PM	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	880,0	Principal	C15	ATAAC	EPA T2	LC7034J	PM	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	880,0	Principal	C15	ATAAC	LOW BSFC	LC7034J	PM	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	880,0	Principal	C15	ATAAC	EPA T2	LC7024J	AREP	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	880,0	Principal	C15	ATAAC	EPA T2	LC7024J	AREP	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	880,0	Principal	C15	ATAAC	LOW BSFC	LC7024J	AREP	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	690,0	Principal	C15	ATAAC	EPA T2	LC6134G	PM	RANDOM
455,0	568,8	455,0	568,8	690,0	Principal	C15	ATAAC	EPA T2	LC6134G	PM	RANDOM

Crear guía de especificaciones | Ir al grupo electrógeno más apropiado | Enlaces de soporte de ventas para clientes | Enlaces de soporte de ventas para el dealer

Figura 4.3 Selección del generador

Parámetros del proyecto		Especifico de carga		Selección del grupo electrógeno		Técnicos	
Fecha modificada	18/08/2011	Suministro de electricidad	60 Hz	480/277 V			
Nombre del cliente	OI	Conexión	STAR				
Nombre del proyecto/Núm. de refero	Windsor plant	Temperatura ambiental máxima	25,0C				
Preparado por	EOC	Altitud	152,4 m.s.n.m				
Resumen del análisis de la carga							
Paso de carga máxima transitorio	244,9 kVA de arr.		116,1 kW de arr.				
Carga transitoria de consumo máxim	526,2 kVA de arr.		471,4 kW de arr.				
Carga de funcionamiento final	505,5 kVA		466,2 kW	0,92	Factor de pot		
Carga máx. no lineal de funcionamiento	350,3 kVA reactivo						
Carga máxima de funcionamiento	505,5 kVA		466,2 kW				
Grupo electrógeno							
Modelo de grupo electrógeno	(1) of C18	Pot. de la placa del fabricante	500,0 kW / 625,0 kVA				
Pendiente y regulador de voltaje	R448, 1:1 pendiente	Salida del sitio	0,8 Factor de potencia				
Código de característica	C18DE32	Tipo de clasificación	500,0 kW / 625,0 kVA				
Combustible	Diesel		Principal				
Peso seco	3.719,5 kgs						
Longitud / Ancho / Altura	3.933,90mm / 1.536,00mm / 2.167,20						
Capacidad de arranque del motor del alternador				Respuesta transitoria de carga de bloque (sobrecarga)			
Caída instant. del voltaje **	Capacidad de kVA	% de cambio de	% de caída	% de caída	Tiempo de recuperación (seg)		
10%	448	0 - 25	< 5,0	< 5,0	< 3		
20%	1.008	0 - 50	< 5,0	5,9	< 3		
30%	1.728	0 - 75	7,8	8,6	< 3		
35%	2.171	0 - 100	16,1	12,1	< 3		
Datos técnicos del motor a 100% de carga							
Marca/modelo	C18	Emisiones/certificaciones	LOW BSFC				
Aspiración	TA	Regulador	ELEC				
Configuración del cilindro	INLINE - 6	Tipo de posenfriador	ATAAC				
Desplazamiento	18 Litro	Rechazo al agua de la cubierta	161 kW				

Figura 4.4 Resumen técnico del generador

CAPITULO V

CASO PRÁCTICO

5.1 Ingreso de cargas

En la Tabla N° 5.1 y en la Tabla N° 5.2, se muestran las cargas que serán parte de nuestro sistema eléctrico de emergencia, así como información de la secuencia de arranque, tipo de carga y potencia requerida.

Tabla N°. 5.1 Lista de cargas – Secuencia de arranque

Cargas	MTS/ATS	Secuencia de arranque
Tablero del Sistema de limpieza de agua reciclada	ATS	1
Tablero de bombas de la torre de refrigeración	ATS	1
Tablero del ventilador de la torre de refrigeración	ATS	1
Bomba contra inundaciones del sótano	ATS	1
Sistema cerrado de enfriamiento de agua	ATS	1
Sistema de servicios sanitarios	ATS	1
Tablero del sistema contra incendios	ATS	1
Tablero de emergencia para cargas diversas	ATS	1
Motor 100HP	MTS	2
Tablero de servicios diversos del horno	MTS	2
Tablero de control y fuerza de alimentadores	MTS	3

Tabla N°. 5.2 Características de las cargas a conectar al generador

Cargas	Arranque	Tipo de Carga	HP o A requeridos
Tablero del Sistema de limpieza de agua reciclada	Variador	Bomba	60HP

Tablero de bombas de la torre de refrigeración	Variador	Bomba	75HP
Tablero del ventilador de la torre de refrigeración	Directo	Motor	5HP
Bomba contra inundaciones del sótano	Variador	Bomba	10HP
Sistema cerrado de enfriamiento de agua	Variador	Bomba	40HP
Sistema de servicios sanitarios	Variador	Bomba	20HP
Tablero del sistema contra incendios	Variador	Bomba	40HP
Tablero de emergencia para cargas diversas	Directo	Resistiva	80 ^a
Motor 100HP	Arrancador suave	Motor	100HP
Tablero de servicios diversos del horno	Directo	Diversas	58KVA
Tablero de control y fuerza de alimentadores	Variador	Motor	60HP

Se observan los siguientes tipos de cargas: motores, bombas, resistiva y diversas, asimismo se muestra el tipo de arranque que se utilizara, la secuencia del arranque y si se hará la transferencia manual o automática.

En este caso se aprecian cargas que no habían sido mencionadas antes, y esto es porque al momento de diseñar algunas veces se presenta la necesidad de alimentar cargas poco comunes, como es el caso de la bomba contra inundaciones del sótano, que se utiliza para retirar el agua que pueda afectar las instalaciones por inclemencias naturales.

Asimismo se puede observar los sistemas de refrigeración de agua, el sistema cerrado y las torres de refrigeración que como ya hemos mencionado antes son muy importantes.

Otro detalle importante a observar es que en el tablero del horno solo está considerado un motor, esto sucede porque los hornos usualmente utilizan dos motores de para aire de refrigeración en producción normal, pero en producción mínima, solo basta uno, y dado que en caso de pérdida de energía eléctrica no se producen botellas, solo basta un motor.

Antes de proceder a ingresar las cargas en el programa, se realizan las selecciones iniciales, como ya se indico anteriormente, en las plantas de vidrio se emplea casi siempre generadores del tipo “Principal”. En esta aplicación se utilizo combustible “Diesel” por su fácil accesibilidad. También se debe indicar la temperatura ambiente y la elevación, estos valores afectan el desempeño del generador. Estos datos se muestran en la figura 5.1.

Luego de esto, procedemos al ingreso de las cargas. En nuestro caso las potencias ingresadas en el programan son las potencias de los motores utilizados. En la figura 5.2 se observa el caso del sistema de limpieza de agua, este motor utiliza un variador de 6 pulsos, que son muy comunes en el mercado, asimismo para este caso no se emplean filtros.

Cabe resaltar el caso del tablero de alimentadores, que consta de varios motores de potencia menor a 20HP, para este caso se considera la suma de potencias, y dado que todos utilizan variadores con filtro, se considera como un solo motor con variador y filtro.

La figura 5.3, muestra el ingreso de un motor utilizando arranque directo, esto corresponde al ventilador de la torre de refrigeración.

La figura 5.4, muestra el ingreso de un motor utilizando arranque suave, esto corresponde al motor de refrigeración del horno.

La figura 5.7, muestra el ingreso de una carga diversa, para este caso la carga es un tablero de servicios diversos para el horno, esta carga consta de varios equipos electrónicos es por ellos que se considera con la misma potencia de arranque, pero se le considera 6 pulsos y con filtro, dada la presencia de varios equipos electrónicos.

5.2 Selección de la secuencia de arranque

Se ingresa la secuencia de arranque mostrada en el inicio, cabe recordar que las últimas cargas en ser activadas son el tablero del horno y alimentadores.

La figura 5.5 muestra la secuencia de arranque que se ingresa en el programa, es una secuencia de tres pasos, con ocho cargas en el 1er paso, dos cargas en el 2do, y finalmente una carga el 3er y último paso.

5.3 Generador sugerido por el programa

Al final el programa nos muestra el generador sugerido, que corresponde a un generador de 500KW, en el diseño final de esta planta se opto por un generador de 550KW, considerando el posible crecimiento de la planta y aumento de ciertas cargas. Se puede observar en la figura 5.6, que el programa indica que estaríamos utilizando el 93.3% de la capacidad de nuestro generador.

5.4 Unifilar del sistema eléctrico de emergencia

En el diseño final de la planta que se muestra a continuación, se considero un generador 10% más grande, dado que se previó una ampliación futura de la carga del horno, y esto conllevaría una incremente en algunas cargas de los equipos. Por ello se consideraron algunos interruptores como reservas.

El unifilar final para esta planta es el que se muestra en la figura 5.8 y en la figura 5.9.

También se pueden ver las fotografías del generador y de un ATS en los anexos B y C respectivamente.

Parámetros del proyecto | Escenario de carga | Selección del grupo electrógeno | **Técnicos**

General

Nombre del cliente: Sistema eléctrico de Emergencia Fecha: 18/08/2011

Referencia del proyecto: Windsor plant

Condiciones del emplazamiento

Servicio del grupo electrógeno: Principal Unidad de medida: Métrico

Combustible: Diesel Temperatura ambiente máxima: 25 °C

Sistema eléctrico: Trifásico Altitud: 152.4 m.s.n.m

Tensión y frecuencia: 60 Hz 480/277 V

Metodología del dimensionamiento: Convencional Certificación de Emisiones: Todos los certificados y no

Porcentaje de motores intermitentes: 25 Pendiente y regulador de voltaje: Mejor adaptación

Disponibilidad del grupo electrógeno: Hay productos disponibles para las condiciones del sitio seleccionadas. (27.0 - 2.825.0 Kw)

Figura 5.1 Opciones iniciales del generador

Motor trifásico

Nombre de la carga: Tablero del sistema de limpieza de agua reciclada

Cantidad: 1

Tipo: NEMA HP

Potencia absorbida: 60 HP

% de caída de frecuencia permitida: 20

Caída de tensión máxima admisible (%): 20

Método de arranque: VFD Arranque intermitente

Rendimiento (%): 87 Usar opciones predeterminadas

Punto operativo único

Filtro

Pulso: 6 Pulsos

% del límite de la corriente: 110

Intensidad de arranque	Funcionamiento Normal	No lineal
kVA de arranque: 5.71	kVA: 57.14	kVA de arranque: 5.71
kW de arranque: 5.14	kW: 51.43	kVA reactivo: 57.14

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 5.2 Ingreso de motor utilizando VFD

Motor trifásico

Nombre de la carga: Tablero del ventilador de la torre de refrigeracion

Cantidad: 1

Tipo: NEMA HP

Potencia absorbida: 5 HP

% de caída de frecuencia permitida: 20

Caída de tensión máxima admisible (%): 20

Método de arranque: En Línea directa Arranque intermitente

Rendimiento (%): 84 Usar opciones predeterminadas

Código NEMA: NEMA H Arranque del motor en carga

Factor de potencia en arranque directo: 0.57

Factor de potencia nominal: 0.79

Carga Total (%): 100

Intensidad de arranque	Funcionamiento Nominal	No lineal
kVA de arranque: 33.50	kVA: 5.62	kVA de arranque: 0.00
kW de arranque: 19.10	kW: 4.44	kVA reactivo: 0.00

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 5.3 Ingreso de motor utilizando arranque directo

Motor trifásico

Nombre de la carga: Motor 100HP Del Horno

Cantidad: 1

Tipo: NEMA HP

Potencia absorbida: 100 HP

% de caída de frecuencia permitida: 20

Caída de tensión máxima admisible (%): 20

Método de arranque: Arrancador blando Arranque intermitente

Rendimiento (%): 93 Usar opciones predeterminadas

Código NEMA: NEMA F

Factor de potencia en arranque directo: 0.32

Factor de potencia nominal: 0.80

Carga Total (%): 100

Pulso: 5 Pulso

% del límite de la corriente: 225

Intensidad de arranque	Funcionamiento Nominal	No lineal
kVA de arranque: 200.46	kVA: 89.09	kVA de arranque: 200.46
kW de arranque: 64.15	kW: 80.18	kVA reactivo: 0.00

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 5.4 Ingreso de motor utilizando arranque directo

Parámetros del proyecto		Escenario de carga		Selección del grupo electrógeno		Técnicos					
Número de escalón	Escalón	Consumo máximo				Nominal		No lineal		% de caída máxima permitida	
		kVA de arranque	kW de arranque	kVA de arranque	kW de arranque	kVA	kW	kVA de arranque	kVA reactivo	Frecuencia	Voltaje
Paso1	8 Carga(s)	113.3	106.8	347.9	318.4	301.8	282.6	23.5	235.2	20.0	20.0
Paso2	2 Carga(s)	244.9	116.1	526.2	424.6	448.4	414.8	456.8	293.2	20.0	20.0
Paso3	1 Carga(s)	5.7	5.1	511.2	471.4	505.5	466.2	298.9	350.3	20.0	20.0

Datos de la carga	Intensidad de arranque		Nominal		No lineal		% de caída máxima permitida	
	kVA de arranque	kW de arranque	kVA	kW	kVA de arranque	kVA reactivo	Frecuencia	Voltaje
Tablero de bombas de la torre de refrigeración NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 75,00 HP (Carga#1 of 8)	7.1	6.4	70.6	63.6	7.1	70.6	20.0	20.0
Tablero del sistema de limpieza de agua reciclada NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 60,00 HP (Carga#2 of 8)	5.7	5.1	57.1	51.4	5.7	57.1	20.0	20.0
Tablero del ventilador de la torre de refrigeración NEMA, Motor trifásico, En Línea directa, Cargado 1 X 5,00 HP (Carga#3 of 8)	33.5	19.1	5.6	4.4	0.0	0.0	20.0	20.0
Bomba contra inundaciones del sótano NEMA, Bomba centrífuga, VFD, 110% Límite actual, Punto operativo único 1 X 10,00 HP (Carga#4 of 8)	1.0	0.9	10.4	9.3	1.0	10.4	20.0	20.0

Escalón máximo		Consumo máximo		Funcionamiento Nominal		Máximo no lineal	
kVA d	kW d	kVA d	kW d	kVA	kW	kVA	kVA
244.9	116.1	526.2	471.4	505.5	466.2	456.8	350.3
Factor de potencia					0.92		

Figura 5.5 Secuencia de arranque

Parámetros del proyecto | Escenario de carga | Selección del grupo electrógeno | **Técnicos**

Selección de grupo electrógeno

Número de grupos electrógenos: 500,0 EkW / 625,0 kVA 60 Hz Principal, 480/277V, C18 ATAAC LOW BSFC, LC6134G PM LC RANDOM, R448 1:1 pendiente

1

Nota: El grupo electrógeno seleccionado es el MÁS APTO para los requisitos del sitio/carga

EkW de fábrica de grupo electrógeno	kVA de fábrica de grupo electrógeno	EkW de grupo electrógeno en sitio	kVA del grupo electrógeno en sitio	kVA del alternador en sitio	Servicio del grupo electrógeno	Modelo de grupo electrógeno	Posenfriador	Emisiones de gases	Estructura del alternador	Excitación del alternador	Devanado
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	LOW/BSFC	LC6134G	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	LOW/BSFC	LC6134G	PM	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	EPA T2	LC6114G	SE	RANDOM
500,0	625,0	500,0	625,0	690,0	Principal	C18	ATAAC	LOW/BSFC	LC6114G	SE	RANDOM

Crear guía de especificaciones | Ir al grupo electrógeno más apropiado

Enlaces de soporte de ventas para clientes | Enlaces de soporte de ventas para el dealer

Resumen del análisis de carga | Análisis inicial y de selección | Opciones para el tamaño del alternador

Escalón máximo		Consumo máximo		Funcionamiento Nominal		Máximo no lineal	
kVA d	kW d	kVA d	kW d	kVA	kW	kVA	kVA
244,9	116,1	526,2	471,4	505,5	466,2	456,8	350,3
Factor de potencia					0,92		

Porcentaje de la capacidad del grupo electrógeno utilizado: 93,2 %

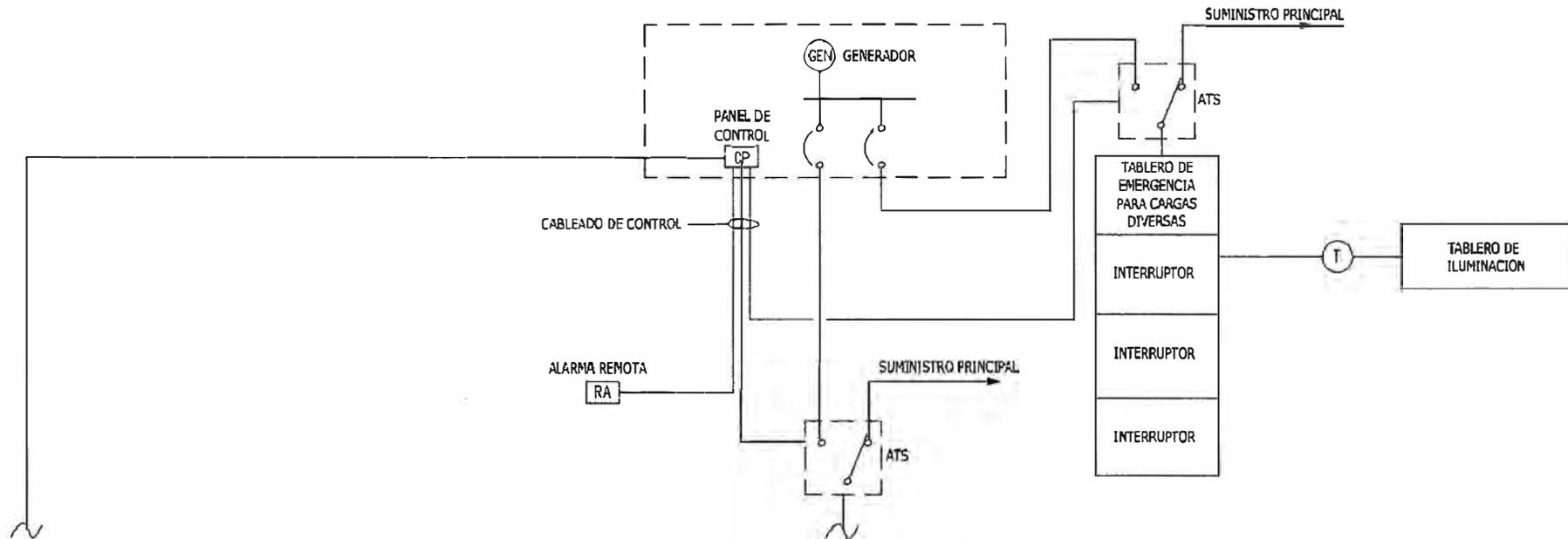
Figura 5.6 Generador sugerido

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

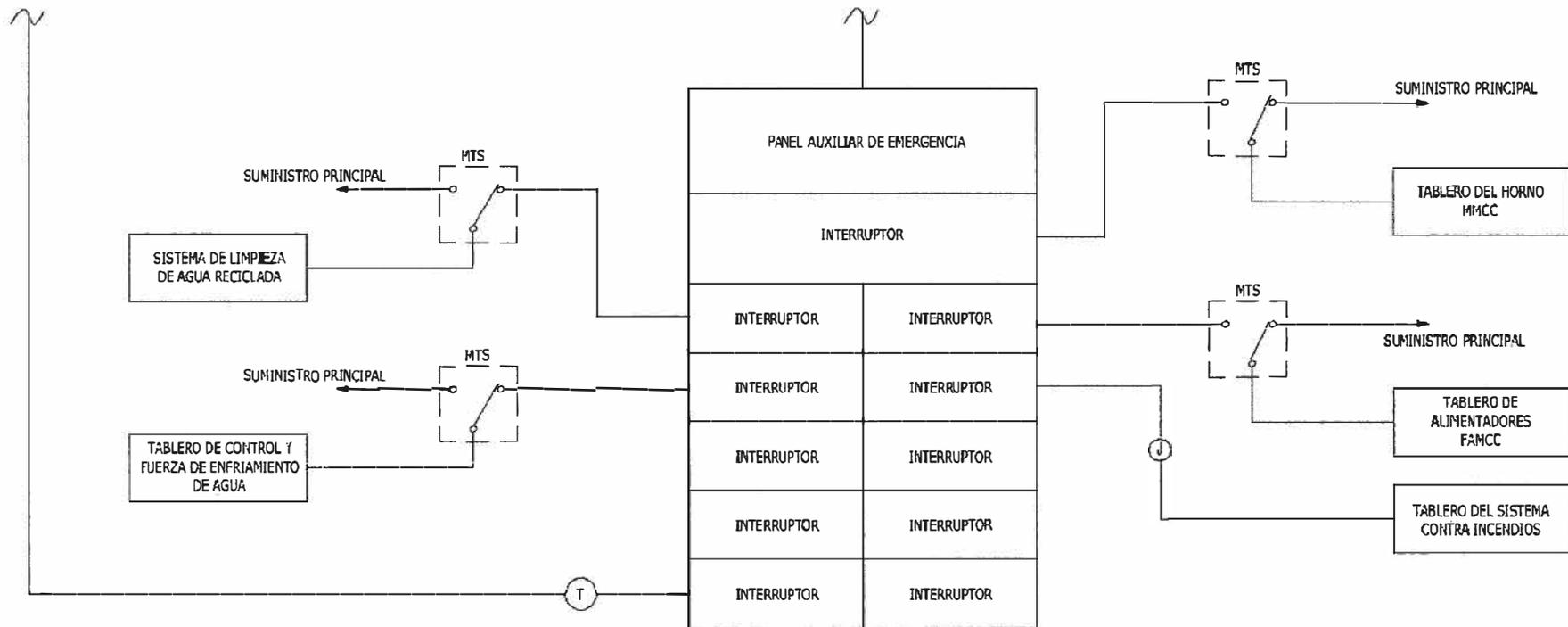
- 1.- El sistema eléctrico de emergencia de una planta de vidrio es sumamente importante para mantener operando correctamente al horno, que es la parte más susceptible de sufrir daños ante la pérdida de energía eléctrica. El mal funcionamiento del sistema de emergencia de la planta podría originar un derrame de vidrio dentro de la misma causando daños muy severos a las instalaciones de la planta. Estos daños podrían causar millones de dólares en pérdidas a la planta. Por ejemplo, la reparación de un horno debido al desgaste natural del uso del mismo podría costar 20 millones de dólares.
- 2.- Una consideración muy importante es alimentar las cargas críticas de manera apropiada, esto quiere decir que se debe tener en cuenta las características de las cargas, la secuencia de arranque y la forma de transferencia de carga.
- 3.- Es muy importante revisar todo el sistema buscando cargas que podrían resultar críticas pero que no son comunes, ya que por mas similares que sean las plantas de vidrio, siempre hay diferencias o requerimientos especiales.
- 4.- En la etapa de dimensionamiento del generador es posible encontrarnos con cargas que dado su tipo de arranque afecten la potencia del generador requerido de una manera drástica, es importante buscar la forma de reducir las corrientes de arranque o buscar una secuencia de arranque alternativa que nos brinde un generador de capacidad nominal optimo para nuestro sistema.
- 5.- Al momento de dimensionar el generador, es muy importante considerar un posible crecimiento de la planta, y que tan preparado estaría el sistema de emergencia para este crecimiento.

ANEXOS

ANEXO A: Esquema general de un sistema eléctrico de emergencia de una planta de vidrio



FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	DIBUJADO POR: E.O.C.	FECHA: 25 - AGO - 11	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA ELECTRICO DE EMERGENCIA DE UNA PLANTA DE VIDRIO	PLANO No: 001
---	----------------------	----------------------	---	---------------



FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	DIBUJADO POR: E.O.C.	FECHA: 25 - AGO - 11	ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA ELECTRICO DE EMERGENCIA DE UNA PLANTA DE VIDRIO	PLANO No: 002
---	----------------------	----------------------	---	---------------

ANEXO B: Generador de la planta Windsor – B, 550KW



ANEXO C: ATS CBTSCT DE 800A



BIBLIOGRAFIA

- [1] Código Nacional de electricidad NEC: Estados Unidos: 2011
- [2] Rockwell automation: Control industrial: Estados Unidos: 2009
- [3] <http://www.cat.com/power-generation/generator-sets/diesel-generator-sets>
- [4] <http://www.cat.com/power-generation/automatic-transfer-switches>