

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica



“OPTIMIZACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE AGUA DE TURBINAS DE GAS EN CENTRAL TERMOELÉCTRICA PUERTO BRAVO”

Tesis presentada por el Bachiller:
Rivera Sánchez Kevin Renzo
Para optar por el Título Profesional
de:
Ingeniero Mecatrónico

Asesor:
Ing. Sergio Mestas Ramos

AREQUIPA – PERU

2018



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“OPTIMIZACION DE LA LOGICA DE CONTROL DEL
SISTEMA DE REFRIGERACION DE AGUA DE
TURBINA DE GAS EN CENTRAL
TERMoeLECTRICA PUERTO BRAVO”**

Presentado por el Bachiller:

RIVERA SANCHEZ KEVIN RENZO

Nuestro DICTAMEN es:

Cyruko

OBSERVACIONES:

Absuelto

Arequipa, 3 de octubre 201 8

Carlos Gordillo Andia

ING. CARLOS GORDILLO ANDIA

Sergio Mestas Ramos

ING. SERGIO MESTAS RAMOS

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Juliana Sánchez Rojas

Gracias por enseñarme el significado del amor. Tu recuerdo, consejos y valores guiaran mi camino. Siempre estarás en mi corazón.

A mi padre Pedro Rivera Berrú

Gracias por tu amor y apoyo incondicional, por tus enseñanzas, por hacer de mí la persona que soy.

A mi hermana Kenia Rivera Sánchez

Gracias por estar siempre a mi lado, por ayudarme a salir adelante en el momento más difícil de nuestras vidas.

A mis amigos

Gracias por su apoyo, por estar presentes en las buenas y en las malas.

Al Ingeniero Álvaro Meza Yauli

Gracias por compartir su tiempo y conocimientos conmigo, por contribuir en mi desarrollo profesional.

Al Ingeniero Sergio Mestas Ramos

Gracias por su dedicación, paciencia y guía para finalizar exitosamente este trabajo de tesis.

INTRODUCCION

Un área importante de la termodinámica es la generación de potencia, este trabajo normalmente se realiza mediante sistemas que operan en un ciclo termodinámico.

Los dispositivos o sistemas que se usan para producir una salida neta de potencia se llaman a menudo motores o maquinas térmicas, y los ciclos termodinámicos en los que operan se llaman ciclos de potencia.

Los ciclos termodinámicos se pueden clasificar como ciclos de gas y ciclos de vapor, dependiendo de la fase del fluido de trabajo. En los ciclos de gas, el fluido de trabajo permanece en la fase gaseosa durante todo el ciclo, mientras que en los ciclos de vapor, el fluido de trabajo existe en fase de vapor durante una parte del ciclo y en fase líquida durante otra parte.

Los ciclos termodinámicos se pueden clasificar todavía de otra manera: ciclos cerrados y abiertos. En los ciclos cerrados el fluido de trabajo vuelve al estado inicial al final del ciclo y se recircula. En los ciclos abiertos el fluido de trabajo se renueva al final de cada ciclo en vez de recircularse.

Las maquinas térmicas se clasifican como las de combustión interna y las de combustión externa, dependiendo de cómo se suministra calor al fluido de trabajo. En las máquinas de combustión externa, el calor se suministra desde una fuente externa como un quemador, un reactor nuclear o incluso el sol. En las máquinas de combustión interna, esto se hace quemando el combustible dentro de los límites del sistema.
(Cengel y Boles, 2008)

RESUMEN

La generación de energía eléctrica industrial se realiza en centrales eléctricas, las cuales transforman energía (química, cinética, térmica, nuclear, solar, entre otras) en energía eléctrica. La central termoeléctrica Puerto Bravo opera con turbinas de gas, fuentes de poder ampliamente usadas en la generación de electricidad a nivel mundial. Estos equipos han demostrado ser capaces de producir potencias muy elevadas, por lo que los trabajos de planta están orientados a mejorar el rendimiento y las condiciones de operación de las mismas, ya que de su correcto funcionamiento dependen la vida de muchas personas y una inversión económica considerable.

En el desarrollo de esta tesis, se detalla las condiciones de operación, la creación de nuevas variables de control, la modificación de hojas de programación, la simulación y pruebas en tiempo real, parte del proceso de optimización de la lógica de control que se realizó en el sistemas de refrigeración de agua de las turbina de gas.

Para verificar la efectividad del trabajo realizado, se evaluó el comportamiento del sistema frente a situaciones reales de operación de las turbinas, antes y después de la optimización, comprobando exitosamente la capacidad del sistema al controlar las condiciones críticas de manera automatizada.

Palabras claves:

Centrales eléctricas, turbina de gas, refrigeración, CCW, lógica de control, algoritmo.

ABSTRACT

Generation of industrial electrical energy is carry out in power plants, which transforms energy (chemical, kinetic, thermal, nuclear, solar, among others) into electrical energy. The Puerto Bravo thermoelectric plant operates with gas turbines, sources of power, widely used in the generation of electricity worldwide. These machines have proven to be capable of producing very high power and the plant work is focused on performance and operation conditions improvements, as the proper functioning affects on the lives of many people and a considerable economic investment.

In the development of this thesis, operation conditions, creation of new control variables, modification of programming sheets, simulation and real time tests, part of the optimization of the control logic that was accomplished in the wáter cooling system of gas turbine is detailed.

To verify the effectiveness of the work done, the behavior of the system was evaluated against real situations of turbine operation, before and after the optimization, successfully proving the capacity of the system to control the critical conditions in an automated way.

Key words:

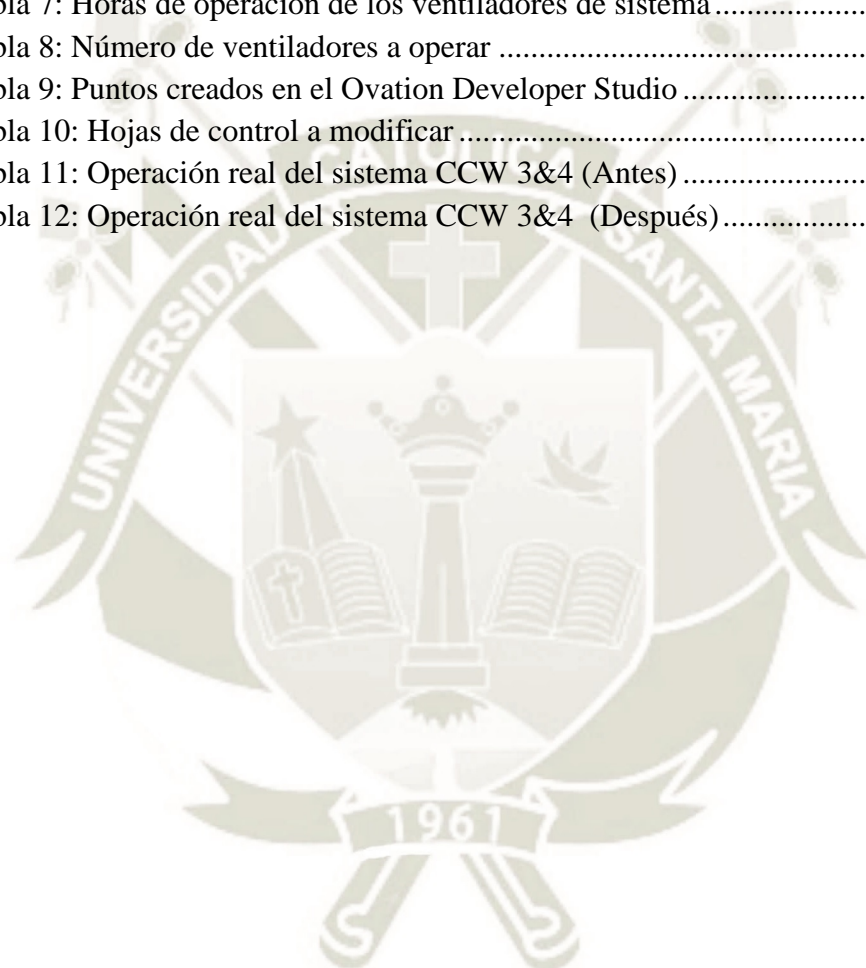
Power plants, gas turbine, cooling, CCW, control logic, algorithm.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
INTRODUCCION	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INDICE DE TABLAS	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
CAPITULO I MARCO METODOLÓGICO	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
2. OBJETIVOS	4
3. HIPÓTESIS	5
CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL	6
1. CENTRALES ELÉCTRICAS	7
2. TURBINAS DE GAS	9
3. SISTEMAS DE CONTROL.....	12
4. CENTRAL TERMOELECTRICA PUERTO BRAVO	25
CAPITULO III OPTIMIZACIÓN DE LA LÓGICA DE CONTROL	46
1. OPERACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DE AGUA	47
2. CONDICIONES DE OPERACIÓN ACTUALES	50
3. CONDICIONES DE OPERACIÓN DESEADAS	56
4. IMPLEMENTACION DE LA NUEVA LOGICA DE CONTROL	57
CAPITULO IV PRUEBAS Y RESULTADOS	70
1. OPERACIÓN SIMULADA DEL SISTEMA	71
2. OPERACIÓN REAL DEL SISTEMA (ANTES).....	74
3. OPERACIÓN REAL DEL SISTEMA (DESPÚES)	77
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	83

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos técnicos de la central termoeléctrica	26
Tabla 2: Datos técnicos de turbina de gas 7FA	30
Tabla 3: Datos técnicos del DCS Mark Vie	44
Tabla 4: Parámetros de operación del sistema (BOP).....	47
Tabla 5: Parámetros de operación máximos del sistema (turbina).....	47
Tabla 6: Arranque de los ventiladores del sistema de refrigeración de agua	51
Tabla 7: Horas de operación de los ventiladores de sistema.....	52
Tabla 8: Número de ventiladores a operar	56
Tabla 9: Puntos creados en el Ovation Developer Studio	63
Tabla 10: Hojas de control a modificar	66
Tabla 11: Operación real del sistema CCW 3&4 (Antes)	75
Tabla 12: Operación real del sistema CCW 3&4 (Después).....	78



INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de centrales eléctricas.	8
Figura 2: Turbina de gas.	9
Figura 3: Turbina de gas de ciclo abierto	10
Figura 4: Turbina de gas de ciclo cerrado	10
Figura 5: Diagramas T-S y P-V del ciclo Brayton ideal.	11
Figura 6: Sistema de control – Lazo cerrado.....	12
Figura 7: Controlador PID.....	14
Figura 8: Control Directo Digital	19
Figura 9: Control Supervisor	21
Figura 10: Control Distribuido	24
Figura 11: Ubicación de la central termoeléctrica.....	25
Figura 12: Esquema unifilar de la central.....	27
Figura 13: Balance de Planta.....	29
Figura 14: Vista isométrica de la turbina de gas 7FA (frontal).....	31
Figura 15: Vista isométrica de la turbina de gas 7FA (posterior)	32
Figura 16: Pantalla de control general de la turbina.....	42
Figura 17: Pantalla de sincronización de la turbina.....	43
Figura 18: Arquitectura del DCS Ovation.....	45
Figura 19: Sistema de refrigeración de agua	48
Figura 20: Pantalla de control del sistema de refrigeración de agua.....	49
Figura 21: Horas de operación de los ventiladores del sistema.....	53
Figura 22: Datos técnicos del motor eléctrico de los ventiladores	54
Figura 23: Diagrama unifilar de la barra de alimentación del sistema.....	55
Figura 24: Bloque funcional / Algoritmo Priority.....	57
Figura 25: Parámetros establecidos en el algoritmo Priority.....	62
Figura 26: Ovation Developer Studio.....	64
Figura 27: Pantalla de estados del sistema OVATION	65
Figura 28: Ovation Control Builder	67
Figura 29: Operación simulada del sistema.....	72
Figura 30: Operación simulada del sistema.....	73
Figura 31: Operación real del sistema CCW 3&4 (Antes).....	76
Figura 32: Operación real del sistema CCW 3&4 (Después).....	79



CAPITULO I MARCO METODOLÓGICO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

La lógica de control actual del sistema de refrigeración de agua de las turbinas, no es acorde a la realidad de la central termoeléctrica Puerto Bravo, por ser una central de reserva fría en ciclo simple, la cual cuenta con 4 turbinas duales con una potencia instalada total de 616 MW con diésel y 788.8 MW con gas natural, se ubica a 3 Km al sur de la ciudad de Mollendo, en la provincia de Islay, departamento de Arequipa. (Puerto Bravo, 2015).

1.2. Descripción del problema

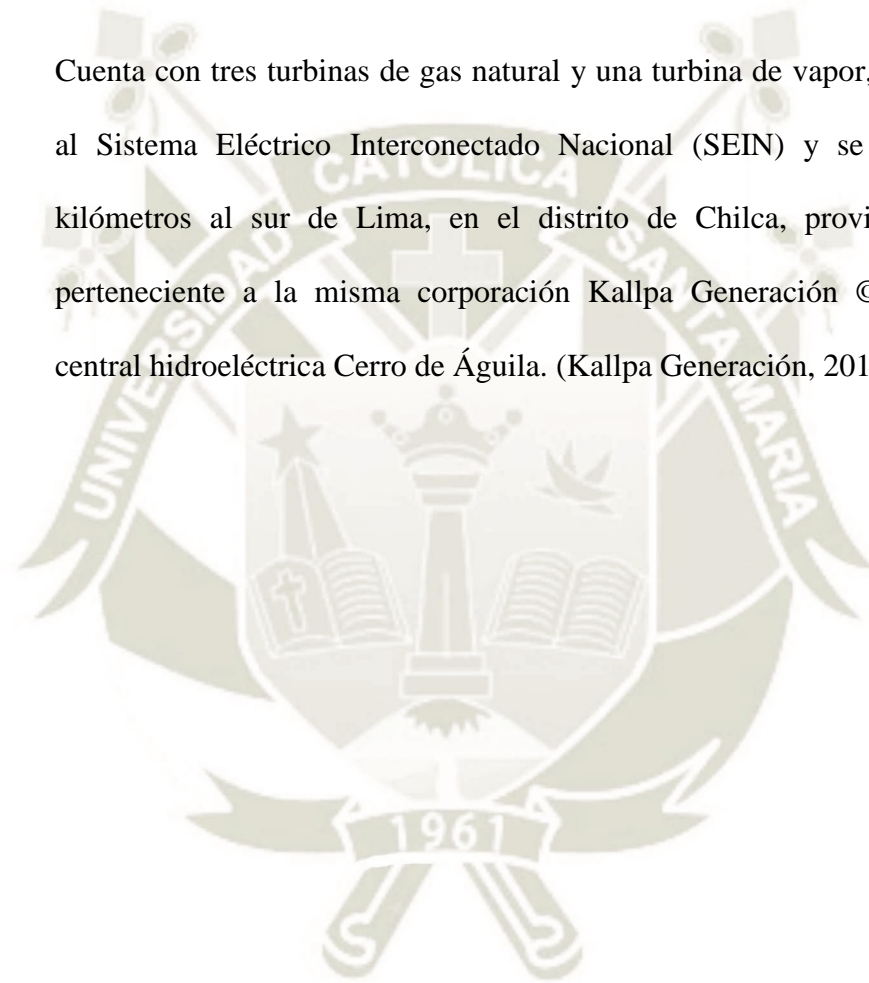
La lógica de control del sistema está diseñada para las condiciones operativas de una central termoeléctrica base (generación continua), por la alta temperatura de operación, no siendo esta la realidad de la central termoeléctrica Puerto Bravo, la cual está declarada como una central de reserva fría, en consecuencia, no cumple con las condiciones de operación esperadas al momento del diseño y distribución de la planta.

Actualmente, esta deficiencia es compensada mediante el monitoreo y control manual de los ventiladores por el operador de sala de control (CRO – Control Room Operator) y maniobras operativas por el operador de campo (APO – Auxiliary Plant Operator), por ello se expone al sistema a fallas y daños irreversibles por la incapacidad del sistema de control de reaccionar de manera automatizada.

1.3. Justificación del problema

El diseño de la planta se basó en su similar, la central termoeléctrica Kallpa, que operara de manera continua en ciclo combinado, al tener todas las turbinas operando en simultaneo, la lógica de control del sistema de refrigeración es adecuada.

Cuenta con tres turbinas de gas natural y una turbina de vapor, aporta 870 MW al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) y se ubicada a 63.5 kilómetros al sur de Lima, en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, perteneciente a la misma corporación Kallpa Generación ©, además de la central hidroeléctrica Cerro de Águila. (Kallpa Generación, 2012).



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

- Optimizar la lógica de control del sistema de refrigeración de modo que se adecue las condiciones operativas de reserva fría de la central termoeléctrica Puerto Bravo.

2.2. Objetivos Específicos

- Establecer la temperatura del agua del sistema de refrigeración como variable principal de la lógica de control.
- Implementar la rotación automática de la operación de los ventiladores.
- Evitar la sobrecarga del sistema eléctrico, debido a las altas corrientes de arranque de los motores eléctricos en simultáneo.
- Reducir el consumo energético del sistema de refrigeración de agua.
- Minimizar fallas y reparaciones de los ventiladores y equipos asociados, al ponerlos en servicio de manera periódica y secuencial.

3. HIPÓTESIS

La optimización de la lógica de control del sistema de refrigeración de agua permitirá mejorar las condiciones operativas de este sistema automatizando su proceso completamente (estabilidad ante cualquier situación presentada), lo cual se verá reflejado en la eficiencia del sistema de control (liberando al operador de control de tener que controlar el sistema de manera manual descuidando sus funciones en el monitoreo de la turbina), en la reducción del consumo energético y conservación de equipos (ventiladores, motores eléctricos e instrumentos asociados).

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

Las variables, algoritmos y criterios de la optimización de la lógica de control del sistema de refrigeración de agua se podrá usar como base para cualquier proyecto de mejora de sistemas de control que involucren secuencias de encendido y apagado de dispositivos.

Se limita a sistemas de control que se encuentre dentro del sistema de control distribuido OVATION.



CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL

1. CENTRALES ELÉCTRICAS

Los sistemas eléctricos de potencia están constituidos por:

- La fuente de electricidad (centrales de generación eléctrica)
- Las líneas de transporte (líneas de transmisión y distribución)
- Los centros de transformación (subestaciones de transformación)
- Los consumidores (carga).

Para generar electricidad se requiere de diversas fuentes no renovables (carbón, petróleo, gas, etc.) o renovables (ríos, lagos, solar, entre otros).

Una central eléctrica es una instalación capaz de convertir la energía mecánica obtenida de otras fuentes primarias (química, cinética, térmica, nuclear, solar entre otras) en energía eléctrica.

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en:

- Nuclear (la energía térmica se origina por las reacciones de fisión en el combustible nuclear, el reactor actúa como caldera).
- **Termoeléctricas (la energía se genera producto de la combustión del de carbón, petróleo, gas, nucleares y solares).**
- Hidroeléctricas (aprovechan la energía potencial del agua almacenada en embalses en los cauces de los ríos).
- Eólicas (la energía cinética del aire se transforma en energía mecánica de rotación que actúa sobre el generador de electricidad).
- Solares (aprovecha la radiación solar para producir energía).



Figura 1: Tipos de centrales eléctricas.

Fuente: TECSUP

También se pueden clasificar según el servicio que prestan:

- Centrales de base (suministran la mayor parte de la energía eléctrica de forma continua).
- Centrales de punta (proyectadas a cubrir la demanda de energía eléctrica en las horas punta, trabajan en paralelo a la central principal).
- **Centrales de reserva (sustituyen parcial o totalmente a las centrales de bases en casos de escasez o avería en algún elemento del sistema eléctrico).**

(Instituto Superior Tecnológico [TECSUP], 2015)

2. TURBINAS DE GAS

Las dos principales áreas de aplicación de las turbinas de gas son la propulsión de aviones y la generación de energía eléctrica. Cuando se emplean en propulsión de aviones, la turbina de gas produce la potencia suficiente para accionar tanto al compresor como a un pequeño generador que a su vez acciona el equipo auxiliar.

Las turbinas de gas también se utilizan como centrales eléctricas estacionarias que producen energía eléctrica como unidades independientes o en conjunto con las centrales eléctricas de vapor en el lado de alta temperatura. En estas centrales los gases de escape de las turbinas de gas sirven como fuente de calor para el vapor.

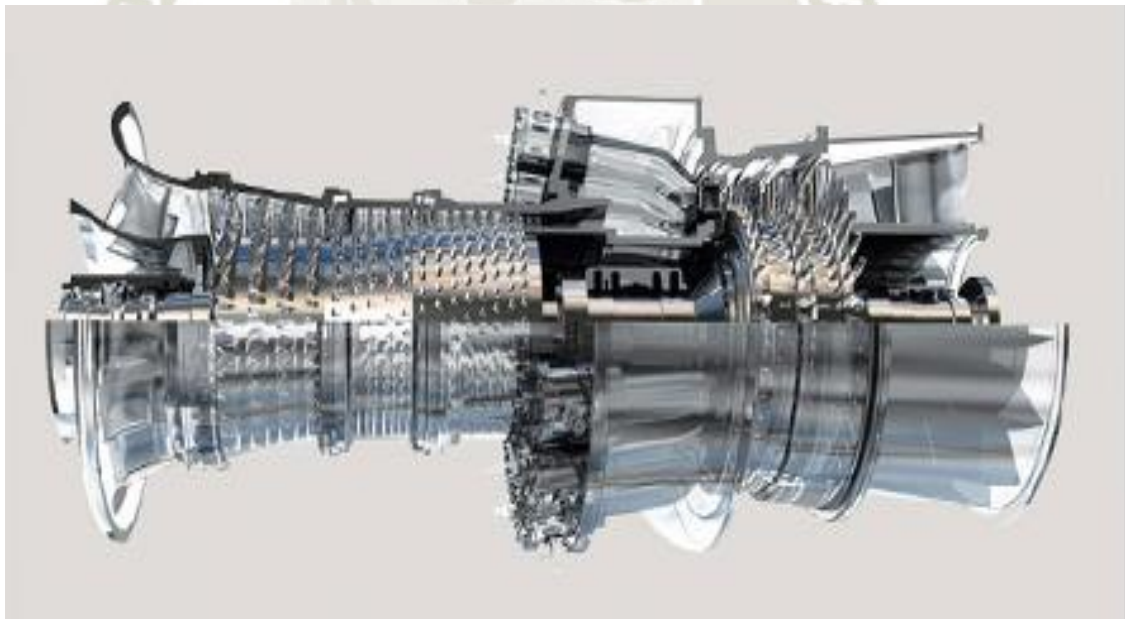


Figura 2: Turbina de gas.

Fuente: General Electric

El ciclo termodinámico que rige a las turbinas de gas es el ciclo Brayton, donde los procesos, tanto de compresión como de expansión, suceden en maquinaria rotatoria.

En su forma más simple las turbinas de gas operan en un ciclo abierto.

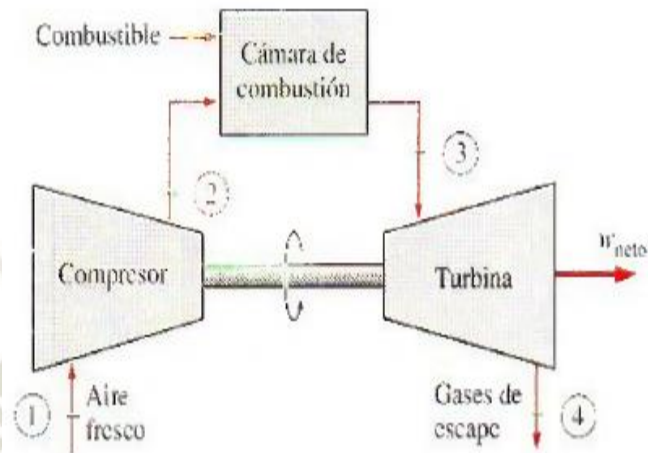


Figura 3: Turbina de gas de ciclo abierto
Fuente: Cengel y Boles (2008)

Mediante las suposiciones de aire estándar puede modelarse como un ciclo cerrado.

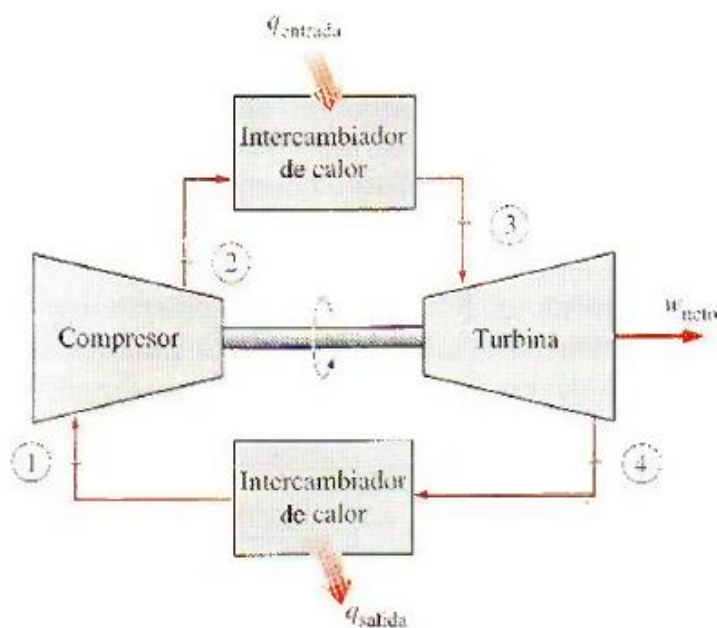


Figura 4: Turbina de gas de ciclo cerrado
Fuente: Cengel y Boles (2008)

En este caso los procesos de compresión y expansión siguen iguales, pero el proceso de combustión se sustituye por un proceso de adición de calor a presión constante de una fuente externa, y el proceso de escape se reemplaza por uno de rechazo de calor a presión constante hacia el aire ambiente.

El ciclo ideal que el fluido de trabajo experimenta es el ciclo Brayton, que está integrado por cuatro procesos internamente reversibles:

- 1-2 Compresión isoentrópica (en un compresor)
- 2-3 Adición de calor a presión constante
- 3-4 Expansión isoentrópica (en una turbina)
- 4-1 Rechazo de calor a presión constante

El aire fresco en condiciones ambiente se introduce al compresor donde su temperatura y presión se eleva (punto 1-2). El aire de alta presión sigue a la cámara de combustión donde el combustible se quema a presión constante (punto 2-3). Luego los gases de alta temperatura que resultan entran a la turbina, donde se expanden hasta la presión atmosférica, de tal forma que producen potencia (punto 3-4). Los gases de escape que salen de la turbina se expulsan al ambiente (punto 4-1). (Cengel y Boles, 2008)

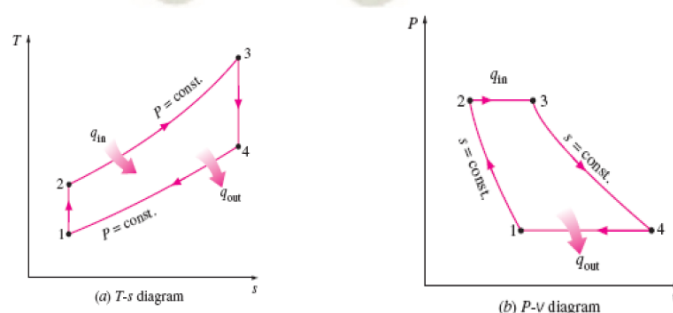


Figura 5: Diagramas T-S y P-V del ciclo Brayton ideal.

Fuente: Cengel y Boles (2008)

3. SISTEMAS DE CONTROL

El bucle de control típico está formado por el proceso (sistema desarrollado para llevar a cabo un objetivo determinado), el transmisor, el controlador (estabiliza el comportamiento dinámico del bucle para reducir o eliminar el error) y el elemento final de control (Creus A. 2005). Se clasifican en:

3.1. Según el lazo o bucle

3.1.1. Lazo abierto

Un lazo abierto de regulación carece de detector de señal de error, da como resultado una señal de salida en base solo a una consigna o señal de referencia, es decir, no hay retroalimentación, son inestables ante las perturbaciones.

3.1.2. Lazo cerrado

Existe retroalimentación, se realizan operaciones de medida, comparación, cálculo y corrección una y otra vez, hasta que la señal de salida alcance el valor de referencia, son más estables antes perturbaciones y variaciones internas. (Creus A. 2005)

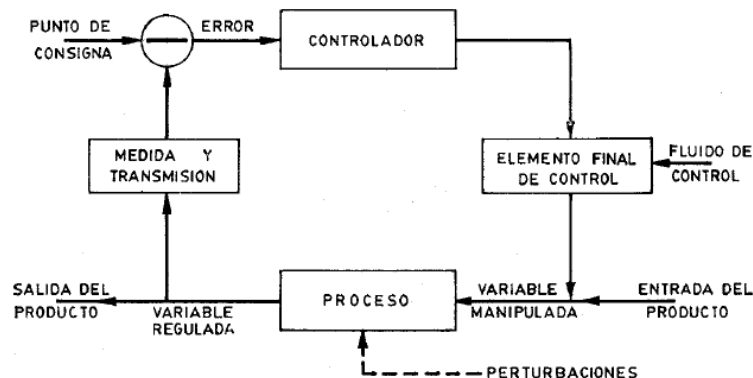


Figura 6: Sistema de control – Lazo cerrado

Fuente: Creus A. (2005)

3.2. Según el control

3.2.1. Control todo o nada

El elemento final se mueve rápidamente entre una de las dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada.

3.2.2. Control flotante

Mueve el elemento final de control a una velocidad única independiente de la desviación (desplaza gradualmente la posición del elemento final).

3.2.3. Control proporcional de tiempo variable

Existe una relación predeterminada entre el valor de la variable controlada y la posición media en tiempo del elemento final de control de dos posiciones (PWM - Pulse Width Modulation).

3.2.4. Control proporcional

Existe una relación lineal continua entre el valor de la variable controlada y la posición del elemento final de control, es decir, el elemento se mueve el mismo valor por cada unidad de desviación.

3.2.5. Control proporcional + integral

El elemento final se mueve de acuerdo con una función integral en el tiempo de la variable controlada (realimentación positiva).

3.2.6. Control proporcional + derivado

Existe una relación lineal continua entre la velocidad de variación de la variable controlada y la posición del elemento final de control, es decir, el movimiento del elemento final es proporcional a la velocidad de cambio de la variable (realimentación negativa).

3.2.7. Control proporcional + integral + derivado

Control integrado, proporcional de realimentación negativa e integral con realimentación positiva. (Creus A. 2005)

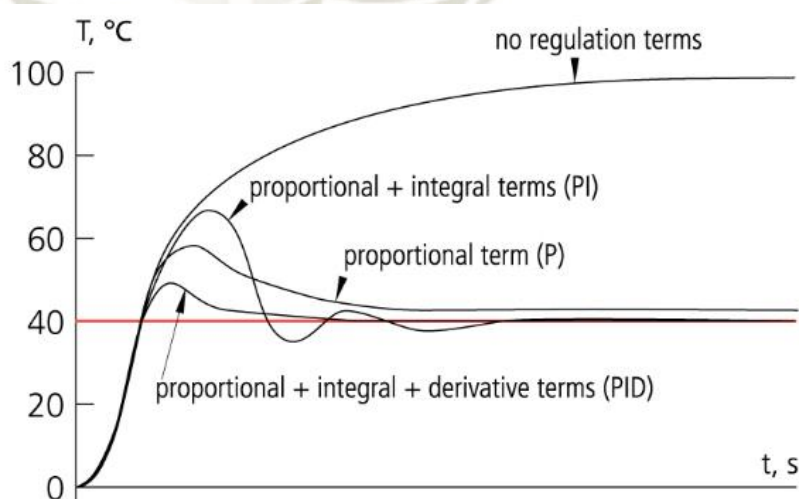


Figura 7: Controlador PID

Fuente: Creus A. (2005)

3.2.8. Control difuso

Se determina de manera lógica que se debe hacer para lograr los objetivos de control de mejor manera posible a partir de una base de conocimiento proporcionada por un operador humano.

Tiene dos ventajas prácticas, una es que el modelo matemático del proceso a controlar no es requerido y otra es que se obtiene un controlador no lineal desarrollado empíricamente sin complicaciones matemáticas.

3.2.9. Control multivariable

Sistemas con varias entradas y salidas, en los que una entrada afecta a varias salidas y de manera similar una salida es afectada por varias entradas.

3.3. Según el computador

Con el aumento del tamaño del proceso y el crecimiento de su complejidad, llega a ser necesario obtener su óptimo control para conseguir una marcha más perfecta de la planta y lograr los beneficios adicionales que ello comporta.

Existen dos tipos de computadores, el analógico y el digital, es más ventajoso usar el segundo para los procesos industriales al tratar exclusivamente con números puros y ser ideal para la soluciones de problemas numéricos.

La alta velocidad conseguida en las señales de mando a las válvulas permite realizar el control en forma prácticamente continua. Frente al analógico, el digital tiene la desventaja de que al muestrear el proceso pierde parte de la información, pero las ventajas que presentan en la facilidad de la modificación de parámetros y variables y en su versatilidad, hacen que sea ampliamente utilizado.

El computador digital presenta las siguientes ventajas:

- Mayor rendimiento del proceso, por lo tanto una gran producción con menores costes gracias a la utilización eficiente del material y del equipo.
- Mayor calidad en los productos fabricados.
- Mayor seguridad, ya que la acción de corrección y la activación de alarmas es inmediata
- Proporciona una gran cantidad de información a la dirección. (Creus A. 2005)

3.3.1. Control Directo Digital (DDC)

El computador lleva a cabo todos los cálculos que realizaban individualmente los controladores P, PI y PID generando directamente las señales al elemento final de control y realiza las siguientes funciones:

- Explora las variables de entradas analógicas y digitales.
- Compara los puntos de consigna e introduce el error en el algoritmo.
- Envía las señales de salida a los elementos de control del proceso.
- Se disponen instrumentos analógicos en paralelo con el computador en los puntos y actúan como reserva en caso de fallo.

El computador esta enlazado con el proceso en las partes que pueden verse en la figura 08, las señales procedentes de los transmisores de campo se reúnen en un terminal y pasan a una unidad de filtrado y acondicionamiento donde son convertidas en señales digitales, para ser usadas en los cálculos posteriores de control.

Estas señales de entrada pueden ser:

- Señal de tensión, procedentes de termopares, reóstatos, tacómetros, ph y conductividad.
- Señal de corriente, procedente de transmisores.
- Variaciones de resistencia de sondas que se caracterizan por una relación no lineal con relación a la temperatura.

A continuación se conectan a un multiplexor donde, de forma aleatoria o secuencial, pasan al computador para comprobar cada señal de entrada y compararla con límites prefijados para detectar si sale fuera de estas magnitudes y determinar así, a través de la lógica del computador, las causas de la desviación iniciando una alarma o bien imprimiendo instrucciones para la operación de la planta.

El sistema DDC compara la señal enviada a la válvula de control con la entrada y determina la aceptabilidad de la información para la acción del control. Si esta no es aceptable se retiene la última posición de la válvula y el operador es prevenido, tomando el computador una acción de emergencia.

De este modo, los límites de operación del proceso pueden estrecharse con seguridad de manera que este puede llevarse a un punto de operación crítico sin problemas.

El DDC permite una transferencia automática-manual sin perturbaciones y admite una fácil modificación de las acciones y de las configuraciones de los sistemas de control, lo cual es muy importante en la puesta en marcha de la planta.

Entre las ventajas de este sistema figuran:

- Flexibilidad en el diseño del sistema de control, pudiéndose pasar fácilmente de una acción de control a otra, diseñar la ecuación de control que más convenga al proceso y añadir cómodamente acciones de control en adelanto o en cascada.
- Rendimiento del control al trabajar muy próximamente al punto óptimo de operación.
- Seguridad al poder comprobar cada variable entre unos límites prefijados. (Creus A. 2005)

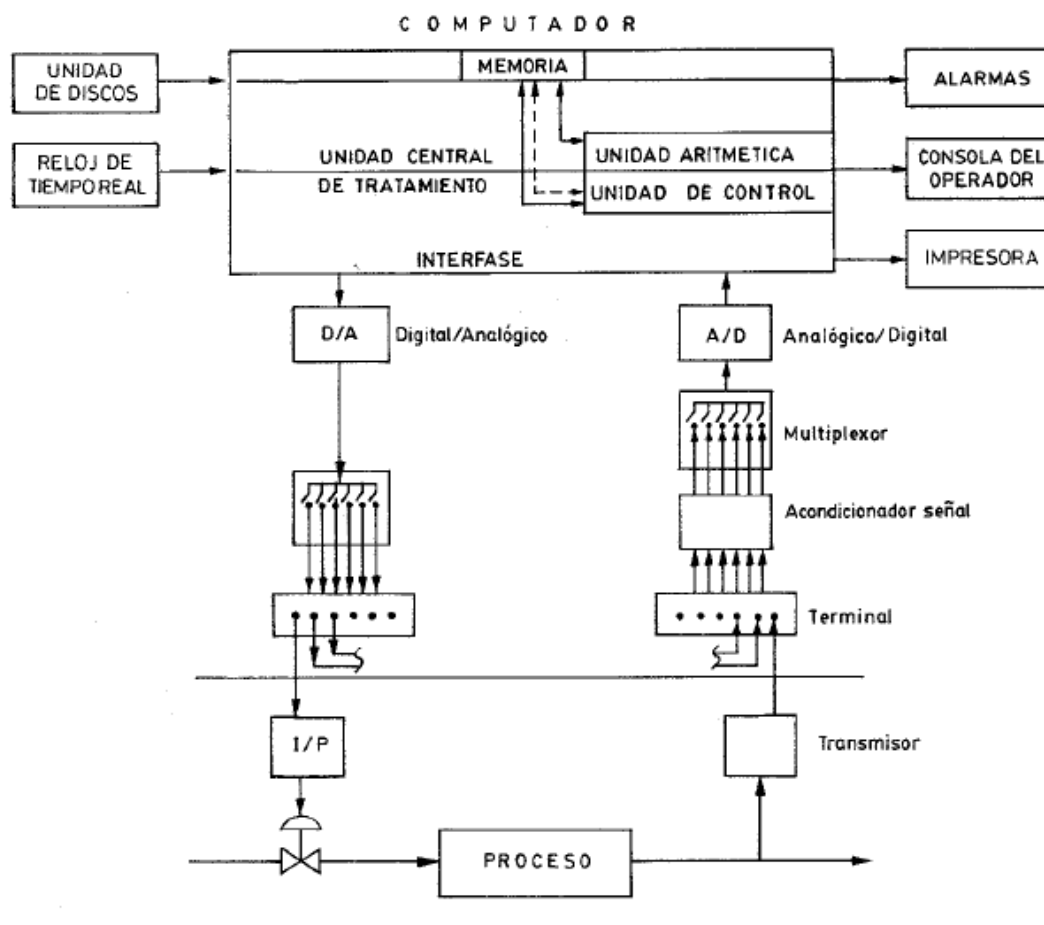


Figura 8: Control Directo Digital

Fuente: Creus A. (2005)

3.3.2. Control Supervisor (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)

A pesar de las ventajas del DDC, el gran problema que presenta es, como todo sistema electrónico, los posibles fallos de sus componentes a pesar de los avances de la tecnología de los circuitos integrados y la simplificación creciente lograda en el diseño de los computadores.

Para alcanzar la máxima seguridad de funcionamiento y lograr la optimización idónea del proceso, el computador podría determinar los puntos de consigna más convenientes en cada instante, aplicarlos a los lazos de control situados dentro del propio computador o bien en el exterior en controladores individuales.

En la figura 09 se observa que en paralelo con el bucle de control entre el transmisor y el controlador analógico, el computador calcula los puntos de consigna y los envía secuencialmente a cada instrumento. Si se presenta cualquier avería, el controlador regula la variable del proceso en el último punto de consigna que recibió del computador.

El controlador principal usa los datos transmitidos desde el campo y presenta los resultados al operador para que actúe como supervisor e inicie alguna acción de control y utiliza unidades remotas de transmisión situadas a largas distancias del ordenador, suelen ser inteligentes, por lo menos en lazos críticos.

3.3.3. Control Distribuido (DCS)

Dentro de los esfuerzos de investigación dedicados a la resolución del problema del control de industrial con gran número de lazos y teniendo en cuenta el estado de la técnica de los microprocesadores se llegó a las siguientes conclusiones generales:

- Descarta el empleo de un único controlador, sustituyéndolos por varios capaces de controlar individualmente un cierto número de variables y distribuir el riesgo del control único.
- Cada controlador debía ser universal, es decir, disponer de algoritmos de control seleccionables por software, que permitieran resolver todas las situaciones de control y dieran así versatilidad al sistema.
- La velocidad de adquisición de datos y su salida hacia los elementos de control debía ser en tiempo real.
- Para comunicar entre si los transmisores electrónicos de campo, los controladores y las interfaces para la comunicaciones con el operador de la planta, se adoptó el empleo de una via de comunicaciones en forma de cable coaxial, con un recorrido paralelo a los edificios y a la sala de control.
- Se adoptó el uso de uno o varios monitores, en los cuales el operador debía examinar las variables de proceso, las características de control, las alarmas, sin perturbar el control de la planta y con la opción de cambiar cualesquiera características de control de las variables del proceso.

La estación del operador (ver figura 10) proporciona la comunicación con todas las señales de la planta para el operador de proceso, el ingeniero de proceso y el técnico de mantenimiento. La presentación de la información a cada uno de ellos se realiza mediante programas de operación. De este modo:

- El operador de proceso ve en la pantalla un gráfico del proceso que le interesa y puede manipular variables deseadas, las alarmas y las curvas de tendencia. Puede archivar datos históricos.
- El ingeniero de proceso puede editar programas del proceso, construir las representaciones en la pantalla de partes del proceso.
- El técnico de mantenimiento puede fundamentalmente diagnosticar y resolver problemas de los elementos de control distribuido de la planta.

El lenguaje utilizado suele ser de alto nivel. Se desarrollan programas que permitan utilizar el control distribuido de manera óptima para mejorar la productividad de la planta y minimizar los costes. Entre estos programas se encuentran:

- Monitorización y control de turbinas generadoras
- Mezclas en refinerías y en la industria del papel
- Autoajuste de lazos de control
- Librería de gráficos para la construcción de diagramas de flujo
- Control de calderas de vapor

Las alarmas son importantes en el control de procesos. Existen alarmas de alto y bajo valor de la variable, alarmas de desviación entre el punto de consigna y la variable controlada, alarmas de tendencia que actúan si la variación de la variable excede de un valor prefijado, alarmas de estado de la señal de entrada p salida, entre otras

Los sistemas de control distribuido cuentan con una disponibilidad típica que varía desde 99.2 hasta 99.9%. (Creus A. 2005)

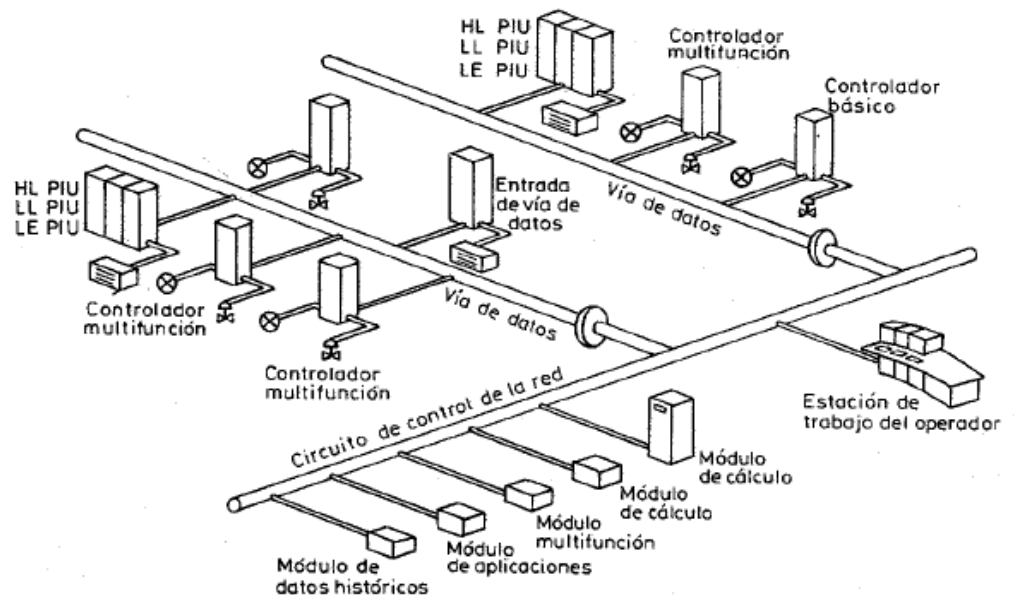


Figura 10: Control Distribuido

Fuente: Creus A. (2005)

4. CENTRAL TERMoeLECTRICA PUERTO BRAVO

Empresa peruana dedicada a la generación de energía eléctrica, cuenta con 4 turbinas con una capacidad instalada total de 616 MW con diésel y 788.8 MW con gas natural, forma parte del Nodo Energético del Sur (ver Anexo 01).

Se ubica a 3 Km al sur de la ciudad de Mollendo, en la provincia de Islay, departamento de Arequipa.

La central se conecta al sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) mediante una Línea de Transmisión de 500 kV de tensión y una longitud de 58 Km, que se conecta con la Sub estación San José (La Joya), para abastecer al Sistema Nacional (Puerto Bravo, 2015).

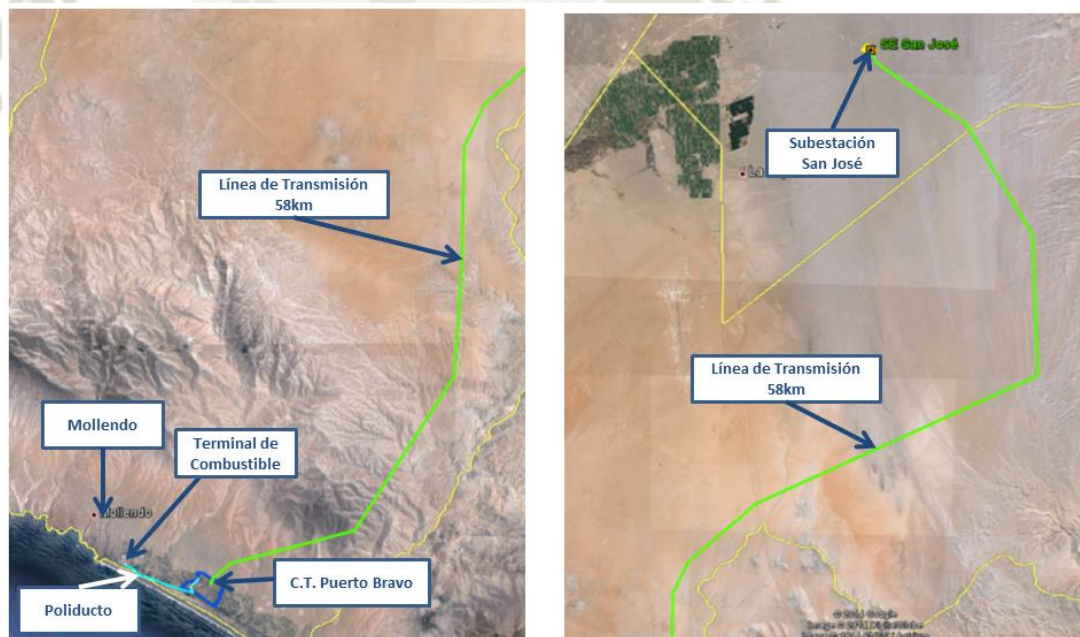


Figura 11: Ubicación de la central termoelectrica

Fuente: Central Termoelectrica Puerto Bravo

Cuenta con un poliducto de 4 Km que conecta a la central con el terminal de Petroperú para el suministro del combustible y se tiene una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 400 mil barriles que permiten operar la central a plena carga de manera continua durante 15 días.

Tabla 1: Datos técnicos de la central termoeléctrica - Anexo 01

Fuente: Osinergmin

DENOMINACIÓN	CENTRAL TERMOELÉCTRICA PUERTO BRAVO		
EMPRESA CONCESIONARIA	SAMAY I S.A.		
TECNOLOGÍA	Generación Termoeléctrica Dual a Gas Natural y Diésel B5		
UBICACIÓN	Departamento Arequipa Provincia Islay Distrito Mollendo Altitud 56.5 msnm		
DATOS TÉCNICOS DE CENTRAL	Potencia Instalada 788,8 MW (Gas Natural) / 616 MW (Diesel B5) Número de Unidades de Generación 4 Turbinas a Gas (154 MW c/u-Diesel B5) / (180 MW c/u-Gas) Fuente de Energía Diesel B5 (proyectado para Gas Natural)		
DATOS DE LA TURBINA A GAS	Potencia 4 turbinas de (154 MW c/u-Diesel B5) / (180 MW c/u-Gas) Marca General Electric		
DATOS DEL GENERADOR	Potencia 4x232 MVA Tensión de Generación 18 kV Marca General Electric		
DATOS TRANSFORMADOR	Potencia (130/160/200 MVA)/(ONAN/ONAF1/ONAF2) a 40°C Nivel de Tensión 500 kV/18 kV		
DATOS DE CONTRATO		HITOS	
Tipo de contrato	Compromiso de Inversión	EIA	17.11.2014
Firma de Contrato	20.01.2014	Cierre Financiero	04.12.2014
Puesta en Operación Comercial (POC)	26.05.2016	Llegada de equipos	15.06.2015
Precio por Potencia	6 899 US\$/MW-mes	POC	26.05.2016

El COES SINAC (Comité de operación económica del sistema interconectado nacional) aprobó la operación comercial de la central desde las 00:00 horas del 26 de mayo del 2016.

La central asegura la disponibilidad de potencia y energía eléctrica, mejorando la seguridad energética nacional, en particular de la zona sur del país (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2018)

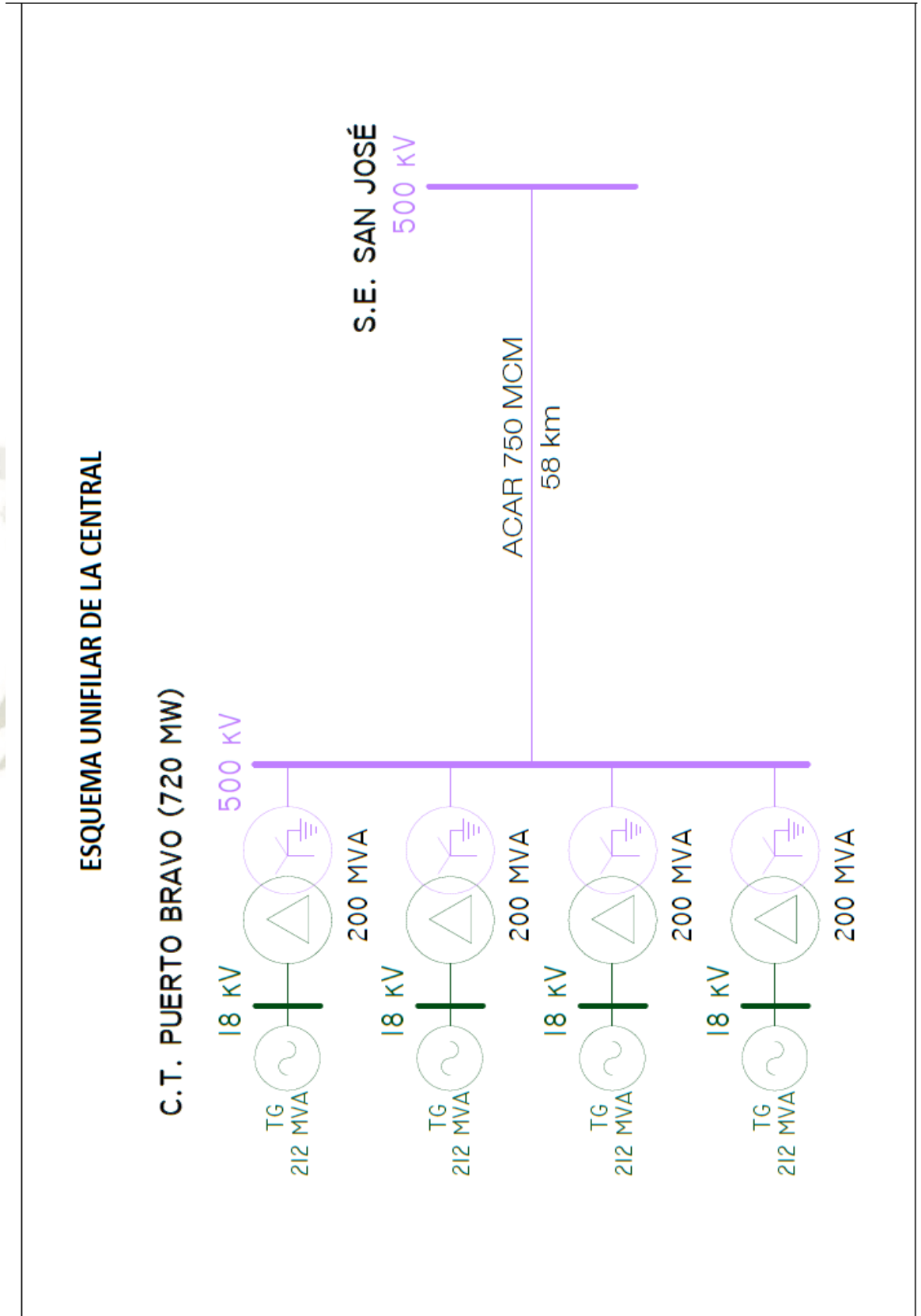


Figura 12: Esquema unifilar de la central - Anexo 01

Fuente: Osinergmin

4.1. Balance de Planta

Es un término generalmente usado en el contexto de generación de energía, para referirse a los componentes de soporte y sistemas auxiliares que la central necesita para generar energía, además de la unidad generadora.

Estos sistemas auxiliares son:

- Sistema de almacenamiento y transferencia de combustible.
- Sistema de tratamiento de combustible (OTS).
- Planta de tratamiento de agua.
- Sistema de almacenamiento y transferencia de agua desmineralizada.
- Sistema de compresión de aire (aire de instrumentos).
- Sistema contra incendios.
- Generador de Hidrogeno.
- Sistema de arranque autógeno (BSDG y EDG).
- Edificio Eléctrico.
- **Sistema cerrado de refrigeración de agua a turbinas (CCW).**
- Sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS).
- Sala GIS (Gas Insolated Switchgear).
- Estación Meteorológica.



Figura 13: Balance de Planta

Fuente: Central Termoelectrónica Puerto Bravo

4.2. Turbina de Gas y Sistemas Auxiliares

Las cuatro turbinas de gas 7FA instaladas en la central termoeléctrica Puerto Bravo (ver Anexo 02), fabricadas por ©General Electric, operan a ciclo simple con combustible líquido (diesel B5), hasta que se disponga de gas natural, generando así 154MW cada una (GENERAL ELECTRIC [GE], 2015).

Tabla 2: Datos técnicos de turbina de gas 7FA – Anexo 02

Fuente: General Electric

		7F.04	7F.05
SC Plant Performance	SC Net Output (MW)	198	243
	SC Net Heat Rate (Btu/kWh, LHV)	8,840	8,570
	SC Net Heat Rate (kJ/kWh, LHV)	9,187	9,042
	SC Net Efficiency (% , LHV)	38.6%	39.8%
Gas Turbine Parameters	Compression Pressure Ratio (X:1)	16.7	18.6
	GT Generator Type (Cooling)	Hydrogen	Hydrogen
	Number of Combustor Cans	14	14
	Number of Compressor Stages	18	14
	Number of Turbine Stages	3	3
	Exhaust Temperature (°F)	1,151	1,189
	Exhaust Temperature (°C)	622	643
	Exhaust Energy (MM Btu/hr)	1,059	1,260
	Exhaust Energy (MM kJ/hr)	1,117	1,329
	GT Turndown Minimum Load (%)	49%	43%
	GT Ramp Rate (MW/min) ¹	30	40
	NO _x (ppmvd) at Baseload (@15% O ₂)	9	12
	CO (ppm) at Min. Turndown w/o Abatement	9	9
	Wobbe Variation (%)	+/-7.5%	+/-7.5%
	Startup Time, Conventional/Peaking (Min.) ²	21/11	21/11

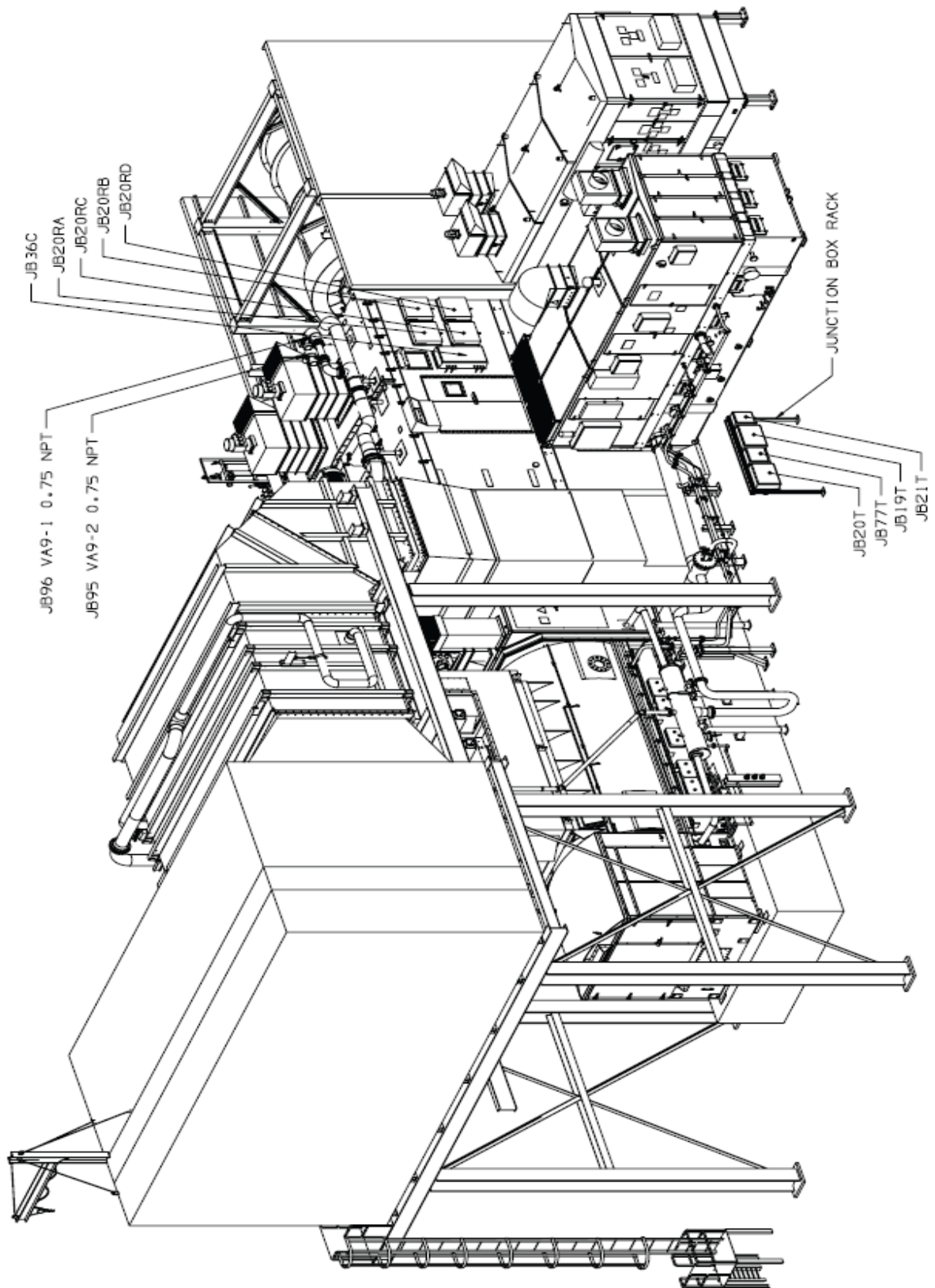


Figura 14: Vista isométrica de la turbina de gas 7FA (frontal) – Anexo 03

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

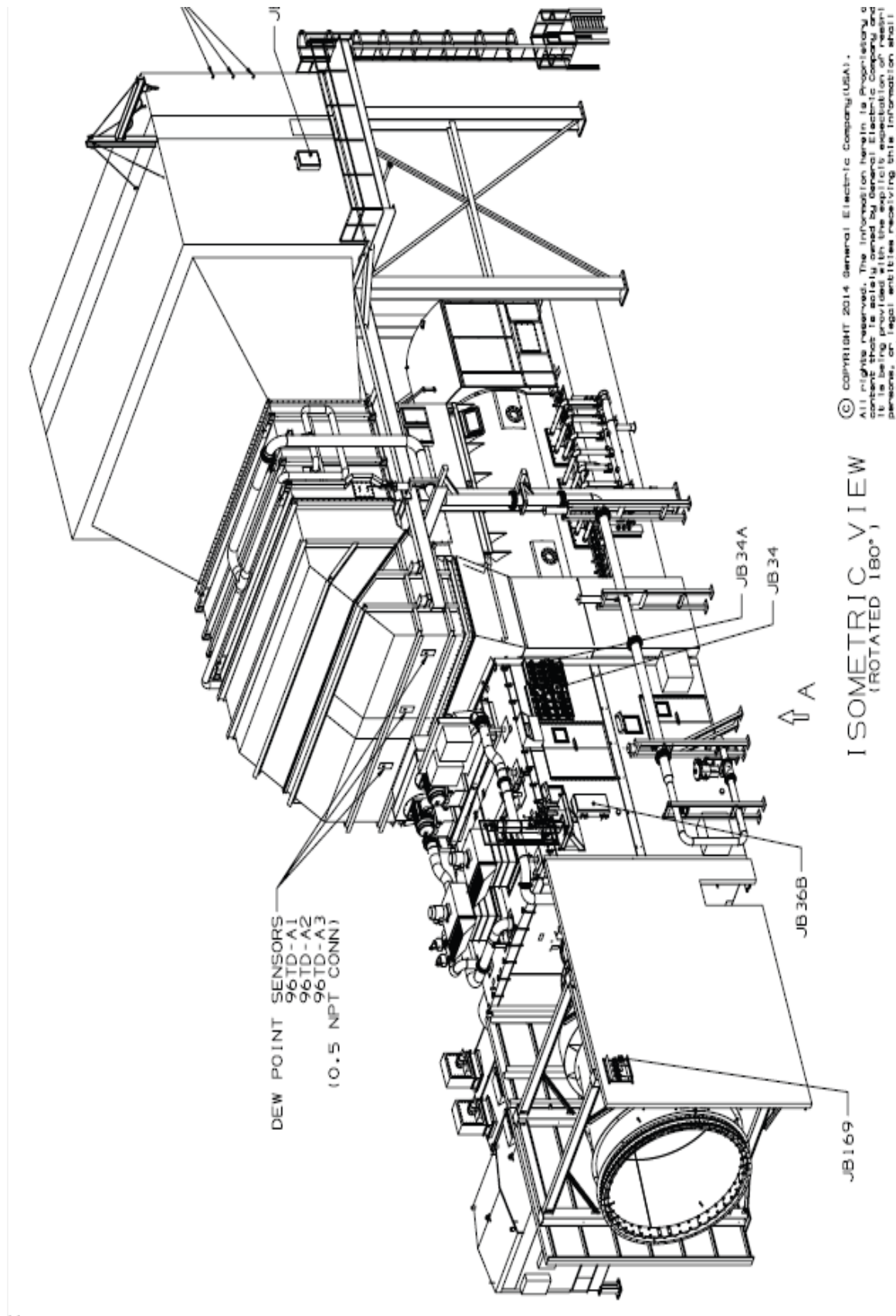


Figura 15: Vista isométrica de la turbina de gas 7FA (posterior) – Anexo 03

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

4.2.1. Dispositivos de control de turbina

Estos dispositivos ofrecen información sobre el estado de la turbina, estos datos se envían al software de control y se utilizan para controlar o monitorear la turbina de gas (GE, 2015). Los factores que controlan estos dispositivos son:

- Presencia de llama en los combustores.
- Temperaturas de la boca cónica de entrada (°F, °C).
- Temperaturas del escape (°F, °C).
- Temperaturas del cojinete (°F, °C).
- Temperaturas del área del rotor (°F, °C).
- Vibración en los cojinetes (pulgadas/segundo).
- Velocidad de rotación de la turbina (rpm)
- Sistema de ignición de la turbina

4.2.2. Sistema de lubricación

Suministra aceite de lubricación a los cojinetes de la turbina, los cojinetes del generador, los medios de arranque, al engranaje de carga y a los compresores de aire atomizado.

Este módulo también provee aceite para los sellos de hidrogeno en el generador. Además una porción del fluido se desvía y filtro de nuevo para ser utilizado por el sistema de aceite hidráulico y de levante (GE, 2015).

4.2.3. Sistema de aire de enfriamiento y sello

Proporciona el flujo de aire necesario desde el compresor a otras partes como el rotor y el estator de la turbina (GE, 2015), tiene las siguientes funciones:

- Protección de las pulsaciones del compresor.
- Enfriamiento de las piezas internas.
- Enfriamiento del marco de escape de la turbina.
- Enfriamiento del área del cojinete N°2.
- Control de la holgura de la gestión de temperatura de la caja (CTM).

4.2.4. Sistema de aceite de disparo

Los sistemas de control y protección de la turbina son operados por el sistema de control a través de dispositivos electrónicos e hidráulicos, constan de servo válvulas que actúan para modular el elemento de control final en respuesta a los requisitos operacionales de la unidad.

Las válvulas de disparo son operadas por solenoides, las cuales actúan para interrumpir la acción de control de las servo válvulas y desconectar el elemento de control en caso de disparo (GE, 2015).

4.2.5. Sistema de enfriamiento por agua

El sistema está diseñado para satisfacer los requisitos de disipación de calor del sistema de lubricación, pre-enfriador del aire atomizado, detectores de llama y enfriadores de gas de los generadores (GE, 2015).

4.2.6. Sistema de combustible líquido

El sistema filtra, presuriza, controla y distribuye equitativamente el flujo de combustible hacia las cámaras de combustión de la turbina (GE, 2015).

4.2.7. Sistema de aire atomizado

El sistema proporciona aire comprimido para la atomización del combustible líquido, se introduce por los orificios complementarios en las boquillas de combustible. El caudal de aire a alta velocidad corta las gotas de combustible al ingreso de la cámara de combustión produciendo un rocío fino, el cual se quema por completo aumentando así la eficiencia de la combustión y producir niveles más bajos de las partículas de combustión en los gases de emisión (GE, 2015).

4.2.8. Sistema de detección y protección contra incendio

Consta de un sistema de distribución de tuberías para la entrega de CO₂ desde un tanque de almacenamiento a baja presión hacia los compartimientos de la turbina de gas requeridos en caso de un incendio.

El sistema puede operarse de manera manual mediante estaciones manuales ubicadas en los compartimientos, o de manera automática si los detectores de incendios se activan y completan el circuito eléctrico (GE, 2015).

4.2.9. Sistema de calentamiento de aire de admisión

El sistema recircula una fracción del flujo de aire de descarga del compresor caliente en el compresor de entrada (GE, 2015), con la finalidad de:

- Prevenir las condiciones necesarias para la formación de hielo en las aspas del estator de la primera etapa.
- Extender el cumplimiento de las emisiones a cargas bajas, al permitir el control de la temperatura de escape.
- Proporcionar margen de operación del compresor, reducir la relación de presión y calentar el aire en la entrada.

4.2.10. Sistema hidráulico/levante

El sistema proporciona la potencia necesaria para el funcionamiento de los componentes de control (servo válvulas de control de combustible gaseoso/liquido), el cilindro hidráulico del alabe de guía de entrada IGV y la elevación en los cojinetes del generador y turbina de gas (GE, 2015).

4.2.11. Sistema de calentamiento y ventilación

El sistema disipa el calor generado dentro del compartimiento y diluye cualquier pequeña fuga de gas peligrosa a través de los ventiladores y/o extractores, y los protege de la humedad a través de los calefactores de acuerdo a las condiciones de operación (GE, 2015).

4.2.12. Sistema de lavado del compresor

El sistema emplea dos métodos de lavado con agua:

- En línea: Se inyecta agua dentro del compresor mientras la unidad está operando, no es tan efectivo.
- Fuera de línea: Se inyecta solución de limpieza dentro del compresor mientras la unidad gira a velocidad parcial.

La pérdida de rendimiento atribuida al ensuciamiento del compresor se detecta por medio de la reducción de salida de potencia, incremento del consumo calorífico y consumo de combustible (GE, 2015).

4.2.13. Sistema de inyección de agua

El sistema suministra agua al sistema de combustión de la turbina de gas para limitar los niveles de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el escape de la turbina, el flujo de agua se calcula en función del flujo total de combustible, humedad relativa y temperatura ambiental (GE, 2015).

4.2.14. Sistema de admisión y escape de aire

El sistema de filtración elimina las partículas contenidas en el aire que entra al compresor, proporcionando aire limpio al proceso de combustión.

El sistema de escape dirige los gases de emisión al tubo de escape vertical de ciclo simple a través del ducto difusor cónico internamente aislado (GE, 2015).

4.2.15. Sistema de detección de gases peligrosos

El sistema monitorea continuamente las posibles fugas de gas como:

- Compartimiento de Turbina/Gas, dentro del tubo de escape de ventilación (sensor infrarrojo – combustible hidrocarburos).
- Compartimiento del generador, extremo del colector (sensores de esferas catalíticas – hidrógeno)
- Compartimiento de terminales del generador.

El sistema inhibirá el arranque de la turbina o la energización de las escobillas del colector del generador cuando los niveles de LEL (límite inferior de explosión) sean iguales o superiores a los niveles de alarma (GE, 2015).

4.2.16. Sistema de monitoreo del desempeño/rendimiento

El sistema utiliza cálculos de equilibrio y rendimiento de calor para identificar datos medidos de manera eficiente y causas de pérdida de rendimiento. Estas pérdidas se comparan contra el resultado obtenido desde la primera vez que se instaló la turbina.

Los parámetros de rendimiento calculados son: potencia, índice de calor, flujo de escape, temperatura de escape, flujo de combustible, caída de presión de entrada y salida, eficiencia del compresor y temperatura de entrada de la turbina (GE, 2015).

4.3. Secuencia de arranque de la turbina de gas

La siguiente secuencia corresponde al proceso de arranque de una turbina de gas (ver anexo 04) diseñada para el accionamiento de un generador eléctrico, este proceso asume que la turbina se encuentra en modo COOLDOWN o STANDBY, lista para la operación normal con energía AC y CC disponible para todas las bombas, motores, calentadores y controles, y se han eliminado todas las advertencias del panel de alarmas. (GE, 2015).

En la figura 14 se muestra la pantalla de control general de la turbina, desde donde se monitorea los parámetros de operación, las sistemas en servicio, las etapas de puesta en marcha de la unidad, entre otros.

4.3.1. Arranque (Startup)

Se selecciona el comando de “START UP”

Se inician los dispositivos auxiliares de arranque, durante este periodo se lleva a cabo una prueba de la bomba de aceite lubricante de emergencia, si falla se inhibe el arranque.

El eje de la turbina comenzara a girar sobre el engranaje de giro. Cuando la unidad alcance aproximadamente 6 rpm, el dispositivo de arranque será energizado y acelerara la unidad (GE, 2015).

4.3.2. Rotación (Cranking)

La unidad alcanza la velocidad de 850 rpm. (Engranaje de giro – fuera de servicio a los 50 rpm).

La unidad desacelera alcanzando la velocidad de 500 rpm (velocidad de purga - 14% del FSNL), donde se mantendrá por un periodo de 5 minutos aproximadamente (GE, 2015).

4.3.3. Encendido (Firing)

La FSR (Fuel Stroke Reference), señal eléctrica que determina la cantidad de combustible enviado al sistema de combustión, se configurara para el valor de encendido. Se inicia la secuencia de ignición, se detecta la flama (GE, 2015).

4.3.4. Aceleración

La FSR cambiará al valor de calentamiento y al finalizar este periodo con llama establecida, la FSR seguirá aumentando.

La velocidad de turbina aumentara hasta alcanzar los 3300 rpm (91% del FSNL), en la cual el dispositivo de inicio se desacoplará.

La turbina alcanza su velocidad de operación de 3600 rpm (FSNL – Velocidad máxima, sin carga), se inicia la velocidad del campo del generador (GE, 2015).

4.3.5. Sincronización

Seleccionar “AUTO SYNCH”, el sistema de control igualará la tensión del generador con la tensión de línea (ver figura 15), sincronizará el generador con la frecuencia de línea y cargará el generador al valor de reserva de rotación, 5 o 10 % del valor de base (GE, 2015).

4.3.6. Operación con carga (Load Operation)

El sistema de inyección de agua entra en servicio al superar la carga de 40 MW (GE, 2015), luego de seleccionar el tipo de operación:

- Carga Base: 154 MW.
- Carga Preseleccionada: 15 MW – 154 MW.

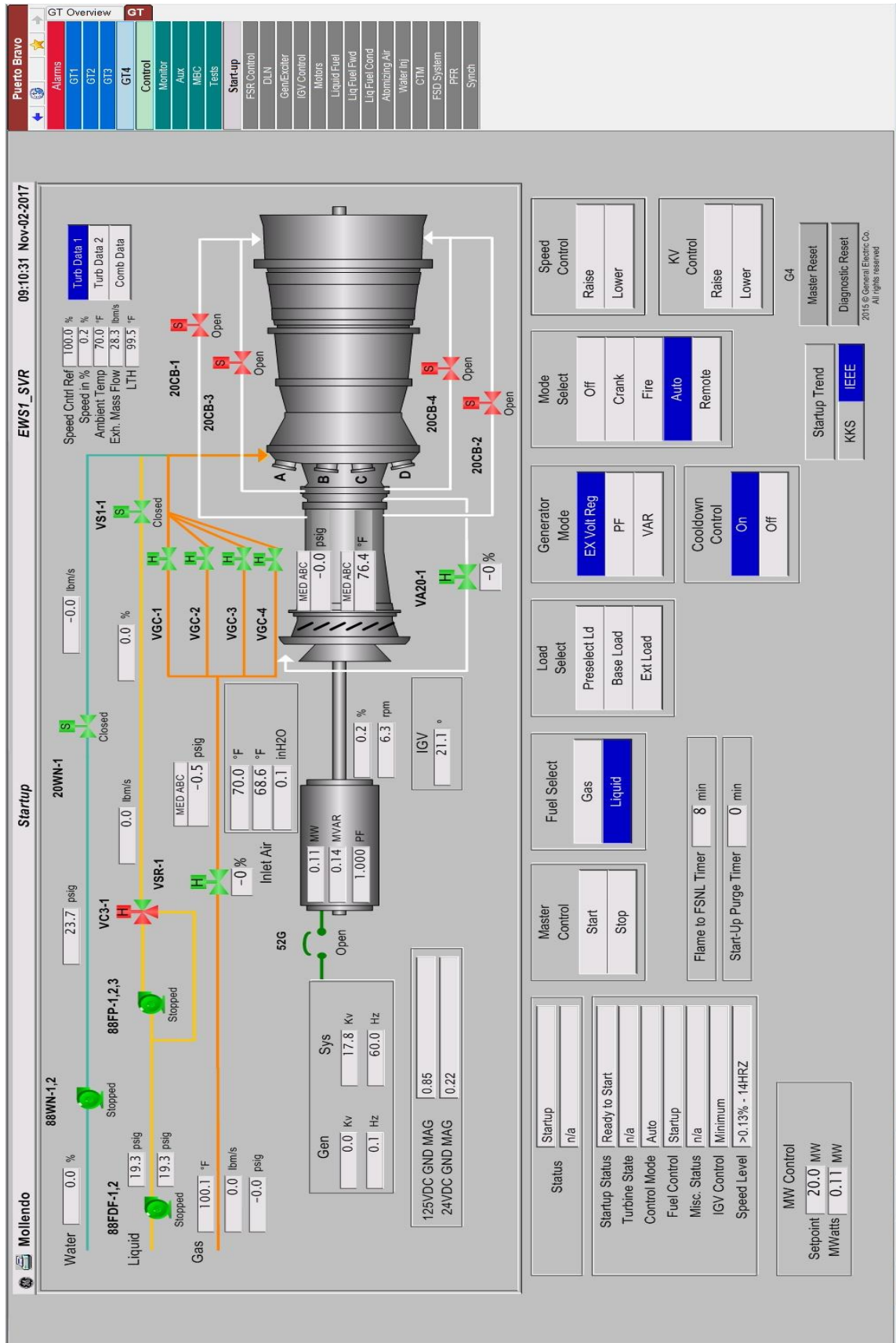


Figura 16: Pantalla de control general de la turbina
Fuente: Central Termoelectrica Puerto Bravo

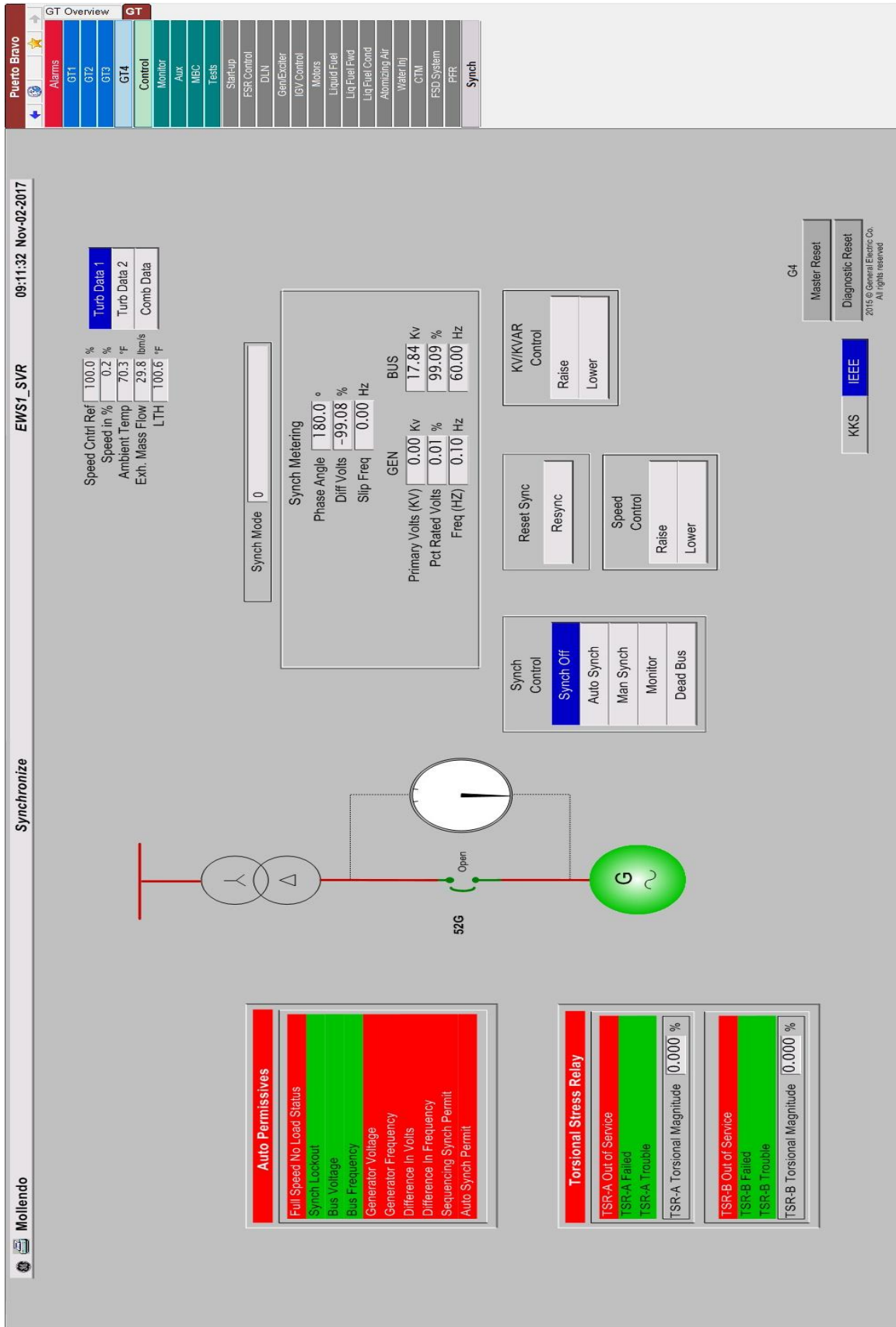


Figura 17: Pantalla de sincronización de la turbina

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

4.4. Sistemas de Control Distribuido

En la central termoeléctrica Puerto Bravo se utilizan principalmente dos diferentes sistemas de control distribuido (DCS):

4.4.1. Mark Vie – General Electric

El DCS provee total control de la planta en un único nivel, combinando la turbina de gas, turbina de vapor, generador, caldera y el equipamiento del BOP en una sola arquitectura distribuida (ver anexo 05).

Además cuenta con una herramienta adicional, ToolboxST***, la cual permite configurar y diagnosticar los equipos, ofreciendo una potente capacidad de análisis de la operación de la central (GE, 2015).

Tabla 3: Datos técnicos del DCS Mark Vie
Fuente: General Electric

Specifications

Hardware	Mark VI or Mark Vie
Networks	100MB Ethernet (cat 5 & fiber)
Redundancy	Simplex, dual, triple
System speed	10ms in any configuration
Operating System	QNX (Controllers & I/O)
Repair	Online repair, downloads, hot-swap
Temperature	-30°C to 65°C (sensor on each I/O block)
Accuracy	Specified over entire operating range
Software	Fully programmable w/multiple block libraries
Format	Function blocks & ladder diagrams

4.4.2. Ovation – Emerson

El DCS está optimizado para cumplir con las necesidades únicas de lo generación de energía e industrias de tratamiento de agua (ver anexo 06).

Provee una poderosa y a la vez adaptable plataforma que entrega mayor flexibilidad operacional que otros sistemas, permite también modificar y expandir continuamente el sistema para cubrir nuevas necesidades (Emerson Process Management [EPM], 2010).

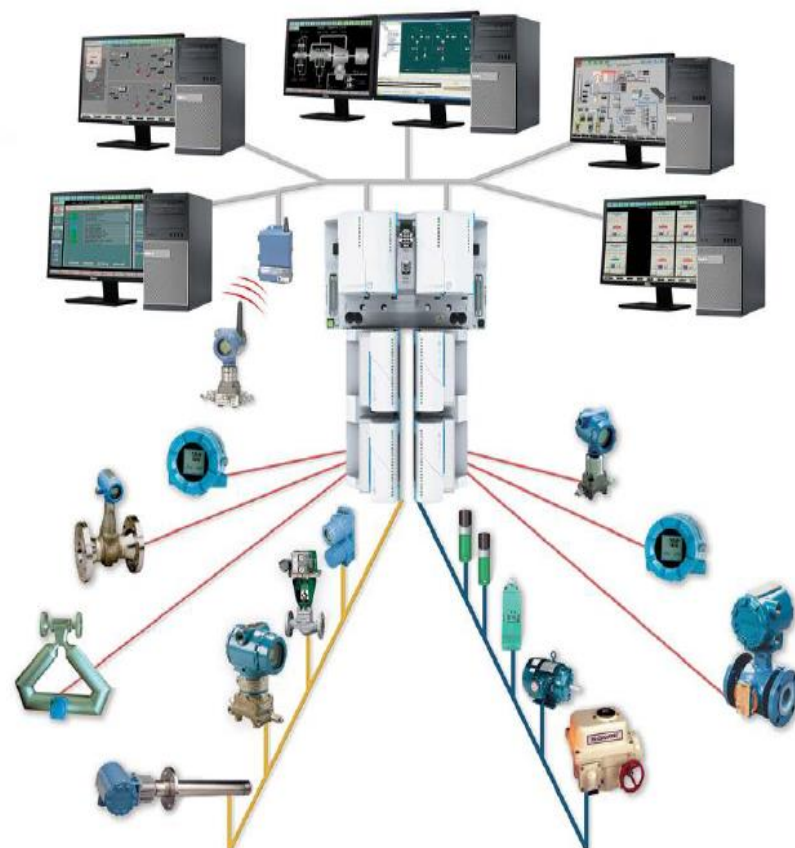


Figura 18: Arquitectura del DCS Ovation

Fuente: Emerson



CAPITULO III
OPTIMIZACIÓN DE LA LÓGICA DE
CONTROL

1. OPERACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACION DE AGUA

El sistema de refrigeración de agua - BOP (ver figura 16/anexo 07) se encarga de regular la temperatura del agua/refrigerante a entregar al sistema de enfriamiento de dos turbinas (ver anexo 08), mediante la operación de 10 ventiladores.

Debido a la lógica de control actual (ver figura 17), la presión a la salida del sistema alcanza valores de hasta 10 bar (ver tabla 04) si se le permite actuar en modo automático, debido a ello el operador de sala de control opta por compensar esa deficiencia mediante el encendido y apagado manual de los ventiladores, y en última instancia el operador de campo purga el agua del sistema a través de una válvula de drenaje a la descarga de las bombas para controlar la presión, y evitar que alcance los 125 psi (8.3 bar) de las válvulas de alivio (ver tabla 05).

Tabla 4: Parámetros de operación del sistema (BOP)

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

Punto de monitoreo	Alarma L	Alarma H	Rango
Succión de las bombas	2.5 bar	-	0 - 15 bar
Descarga de las bombas	5 bar	7.2 bar	0 - 15 bar
Salida de ventiladores	-	50 °C	0 - 80 °C

Tabla 5: Parámetros de operación máximos del sistema (turbina)

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

VR64-4	420	COOLING WATER PRESS RELIEF VALVE-ATOMIZING AIR PRECOOLER SET 125.0+5.0 PSIG OR 861.8446+-34.4738 kPag
VR64-9	420	COOLING WATER PRESSURE RELIEF VALVE- LO COOLER SET 125.0+5.0 PSIG OR 861.8446+-34.4738 kPag

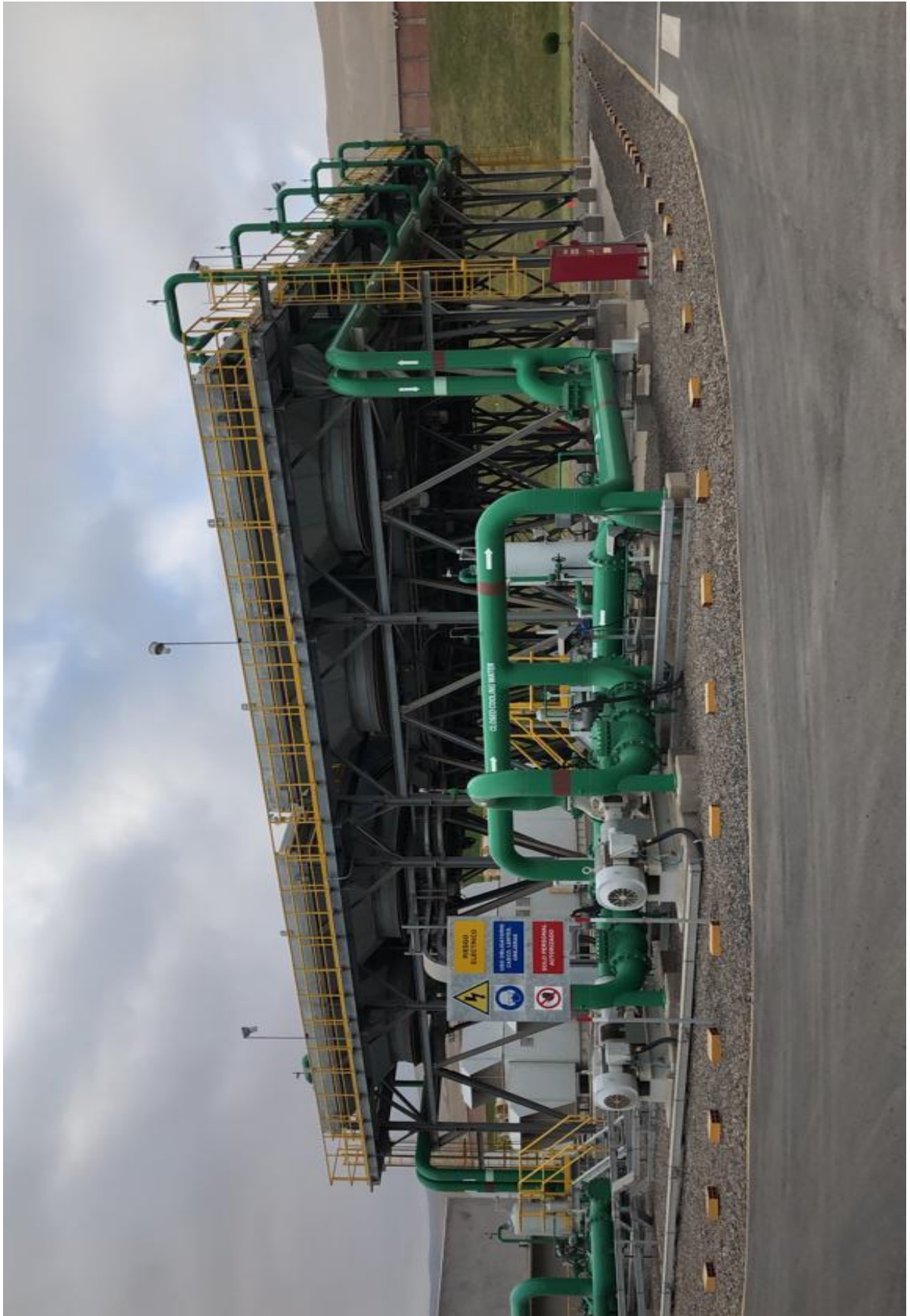


Figura 19: Sistema de refrigeración de agua
Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

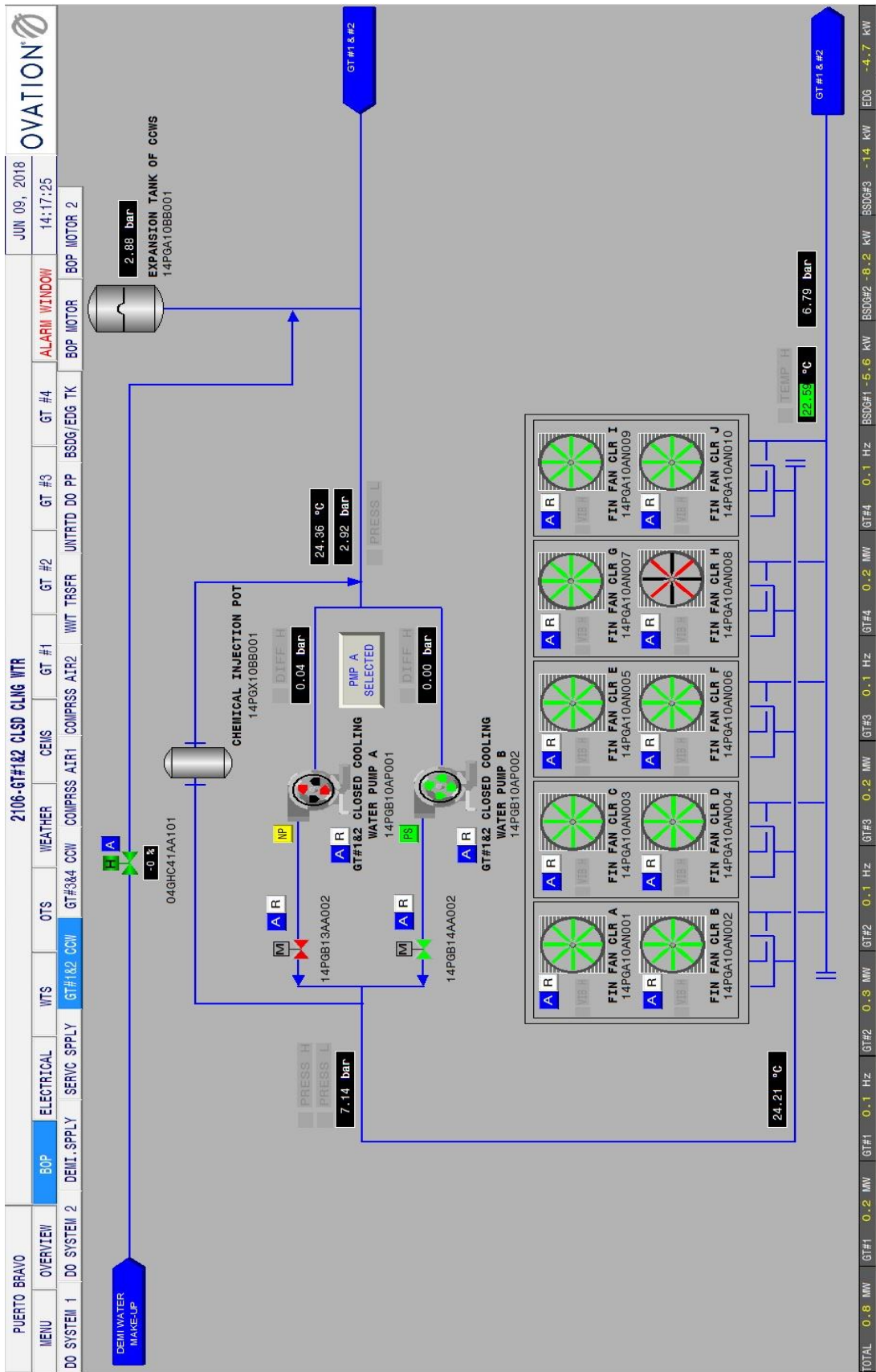


Figura 20: Pantalla de control del sistema de refrigeración de agua – Anexo 07

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

2. CONDICIONES DE OPERACIÓN ACTUALES

La lógica de control actual establece las siguientes condiciones de operación (ver tabla 06 / anexo 09):

- Si una de las dos turbinas de gas vinculadas al sistema entra en servicio, automáticamente arrancan cinco ventiladores (A – B – C – D – E).
- Si el ventilador destinado a arrancar falla, entra en servicio el siguiente en orden ascendente, por ejemplo si falla el ventilador A entra el B.
- Además de la condición del estado de las turbinas, los ventiladores arrancan de acuerdo a la temperatura a la salida del sistema:
 - Si la temperatura es mayor a 23°C, arranca el ventilador A.
 - Si la temperatura es mayor a 25°C, arranca el ventilador B / C / D / E.
 - Si la temperatura es mayor a 27°C, arranca el ventilador F / G / H / I / J.
- Los ventiladores paran si y solo si:
 - La turbina asociada al sistema ya no está en servicio (caso de los ventiladores A – B – C – D – E).
 - Si la temperatura es menor a 22°C.
 - Si el ventilador anterior ya no está en servicio en orden descendente, por ejemplo es necesario que pare el ventilador B antes que el A.
- La operación de las bombas de alimentan el sistema es un requisito para el arranque de los ventiladores, mas no para su parada.

Tabla 6: Arranque de los ventiladores del sistema de refrigeración de agua

Fuente: Elaboración propia

CCW	TG 1/3	TG 2/4	T > 23 ° C	T > 25 ° C	T > 27 ° C
A	X	X	X		
B	X	X		X	
C	X	X		X	
D	X	X		X	
E	X	X		X	
F					X
G					X
H					X
I					X
J					X

Las condiciones actuales de operación del sistema, ocasionan situaciones adversas para la operación como:

- Los ventiladores A – B – C – D – E acumulan muchas más horas de operación que los demás ventiladores (ver tabla 07 / figura 18).
- La inactividad de los ventiladores F – G – H – I – J ocasionan deterioro en sus componentes como las fajas y los motores eléctricos.

Tabla 7: Horas de operación de los ventiladores de sistema

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

Ventilador	CCW 1&2		CCW 3&4	
	Nº de arranques	Hr de Operación	Nº de arranques	Hr de Operación
A	896	5037	687	7541
B	356	4087	356	4726
C	550	7152	352	5975
D	433	6327	341	5918
E	439	6030	321	5326
F	316	3611	301	3814
G	335	3322	550	3430
H	311	3266	447	2826
I	307	2594	677	2484
J	244	2135	780	2157

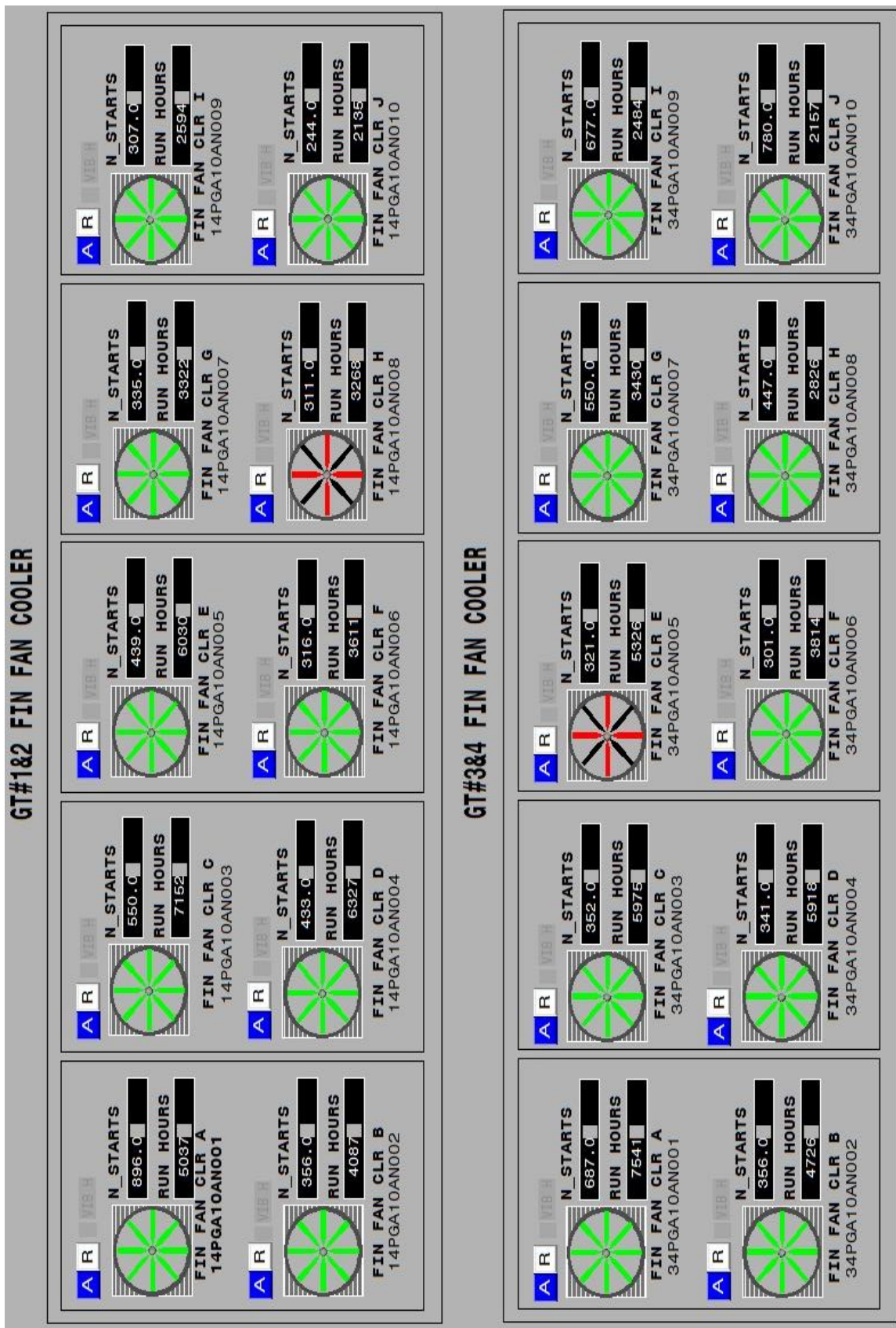


Figura 21: Horas de operación de los ventiladores del sistema

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

- Dada las condiciones de operación, hasta 5 ventiladores (ver figura 19 / anexo 10) arrancan en simultáneo, provocando sobrecargas a la barra de alimentación asociada (ver anexo 11).
- Los ventiladores en servicio no paran hasta que la temperatura desciende a 22°C, teniendo en servicio hasta 10 ventiladores sin una necesidad real, aumentando considerablemente el consumo energético del sistema.
- Si las bombas del sistema salen de servicio, los ventiladores se mantienen operando sin que el agua circule por las turbinas, ocasionando consumos energéticos innecesarios.

AC 3 Phase Induction Motor			
37kW(50HP)		4P	460V
Model	Enclosure IP55	Amps 59.5	
Frame 200L	Duty S1	Code	Hertz 60HZ
Type HS	Ins. Class F	Eff. 93.0	
Bearing (Drive) 6313ZC3	S.F. 1.0	RPM 1780	
Bearing (Opp.) 6211ZC3	Max. Amb. 50		
Ser. No. 4M-101627		Date	Weight 327kg
		MADE IN KOREA	HYUNDAI

Figura 22: Datos técnicos del motor eléctrico de los ventiladores
Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

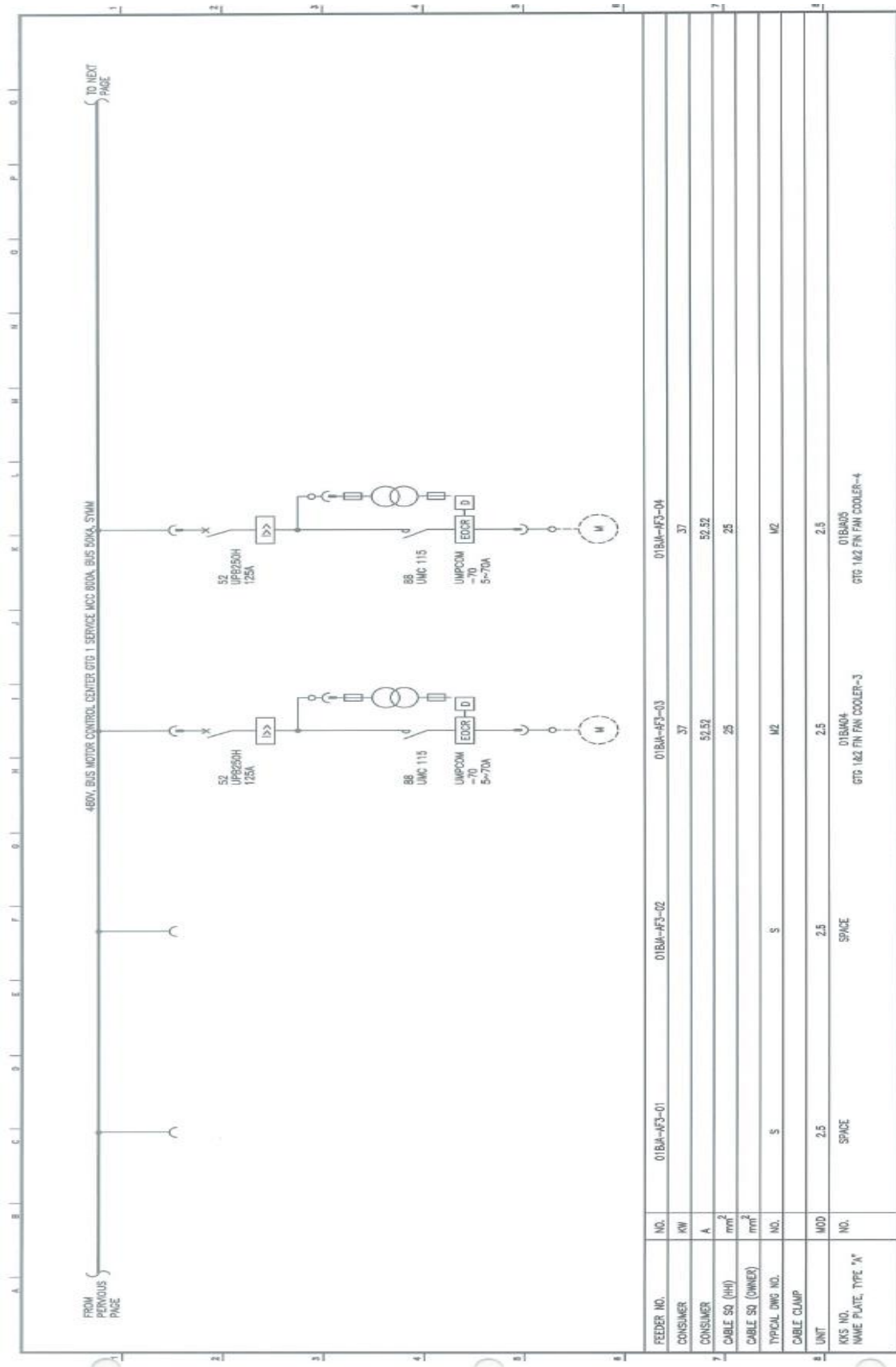


Figura 23: Diagrama unifilar de la barra de alimentación del sistema – Anexo 11

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

3. CONDICIONES DE OPERACIÓN DESEADAS

La lógica de control a implementar establece las siguientes condiciones de operación (ver tabla 08):

- La puesta en marcha y parada de los ventiladores se dará de 1 en 1, dependiendo del valor de la temperatura del agua a la salida del sistema.
- Los ventiladores rotarán automáticamente para mantener los tiempos de operación similares entre ellos (el ventilador a encender será el que más tiempo fuera de servicio se encuentre).
- Si las bombas del sistema salen de servicio, los ventiladores que se encuentren operando también lo harán.

Tabla 8: Número de ventiladores a operar

Fuente: Elaboración propia

N° Ventiladores	Temperatura	Deadband
1	22.0 °C	0.5 °C
2	23.0 °C	0.5 °C
3	24.0 °C	0.5 °C
4	25.0 °C	0.5 °C
5	26.0 °C	0.5 °C
6	27.0 °C	0.5 °C
7	28.0 °C	0.5 °C
8	29.0 °C	0.5 °C
9	30.0 °C	0.5 °C
10	31.0 °C	0.5 °C

4. IMPLEMENTACION DE LA NUEVA LOGICA DE CONTROL

4.1. Bloque funcional Priority

El bloque consolida lógica compleja (anexo 12), debido a la combinación de múltiples entradas y salidas del proceso, realizando un control multivariable de lazo cerrado, para desempeñar secuencias de encendido y apagado de equipos como motores eléctricos(ver figura 22), basadas en prioridades definidas por el usuario, cada bloque puede controlar hasta 16 equipos (Emerson Process Managment [EPM], 2010).

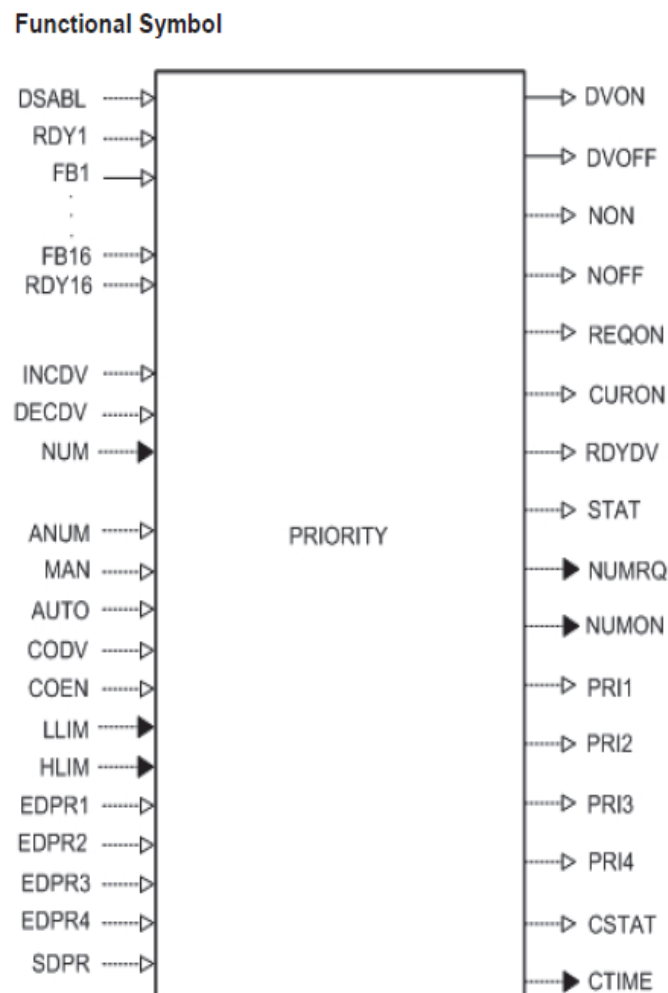


Figura 24: Bloque funcional / Algoritmo Priority

Fuente: Ovation Software Manual

4.1.1. Operación

El estado del equipo es determinado por las entradas de retroalimentación (ON = 1/OFF = 0) y las entradas de control (READY = 1/NOT READY = 0), de acuerdo a las siguientes reglas de operación:

- Enciende si la señal de retroalimentación es cero y la de disponibilidad es uno.
- Apaga si la señal de retroalimentación es uno y la de disponibilidad es también uno.

4.1.2. Número de dispositivos requeridos (NUMRQ)

El rango por defecto es de cero hasta el máximo número de dispositivos conectados (hasta 16), se puede ingresar manualmente el valor (NUM) si se activa esta modalidad (ANUM).

Este valor incrementará o decrecerá de acuerdo a los pulsos que lleguen a las variables INCDV/DECDV (incrementar / disminuir dispositivos encendidos). Un pulso sostenido en ambos provocara que el algoritmo ignore ambos comandos, y un pulso sostenido en uno, incrementará/decrecerá el valor solo por uno.

Este valor se puede forzar para mantener un número mínimo de equipos encendido (LLIM) y un máximo de equipos permitidos para activarse (HLIM).

4.1.3. Comandos de encendido y apagado (DVON/DVOFF)

El comando genera salidas en paquete donde cada uno de los 16 bits representa un equipo, el algoritmo calcula cuando encender o apagar un equipo de acuerdo a la prioridad del equipo y al NUMRQ.

El algoritmo puede mostrar de acuerdo a las prioridades, el siguiente equipo en encender o apagar (NON/NOFF – Next on / Next off), así como los equipos requeridos a encender (REQON), cuáles y cuantos están ya en servicio (CURON/NUMON – Current on / Number on)

4.1.4. Manejo de prioridades

Las prioridades pueden ser definidas de 1 (0x0, la más alta) a 16 (0xF, la más baja), más de un equipo pueden tener la misma prioridad asignada, en tal caso se le dará preferencia al de menor numeración.

También se pueden asignar externamente a criterio del operador (EDPR1/EDPR2/EDPR3/EDPR4 – External priorities), el cual sobrepondrá las prioridades actuales (PRI1/ PRI2/ PRI3/ PRI4).

4.1.5. Modo manual/auto/deshabilitado

En modo deshabilitado, el algoritmo recibirá y procesará las entradas pero no intentará encender ningún equipo.

En modo manual, algunos comandos del algoritmo son controlados por el operador (INCDV/DECDV/NUM/ANUM/CODV/CMAN/CAUTO).

En modo automático, algunos comandos del algoritmo son controlados por las entradas del pin (INCDV/DECDV/NUM/ANUM/CODV/CMAN /CAUTO).

4.1.6. Modo de operación

Hay tres maneras distintas de operar los dispositivos:

- Serial: Los equipos se activaran o desactivaran de 1 en 1.
- Paralelo: Los equipos se activaran o desactivaran al mismo tiempo.
- Serial/Paralelo: Los equipos se activaran en serie y se desactivaran en paralelo

4.1.7. Modo de rotación

El algoritmo Priority provee la capacidad de cambiar automáticamente las prioridades de los equipos basado en los cambios de estado de las entradas de retroalimentación.

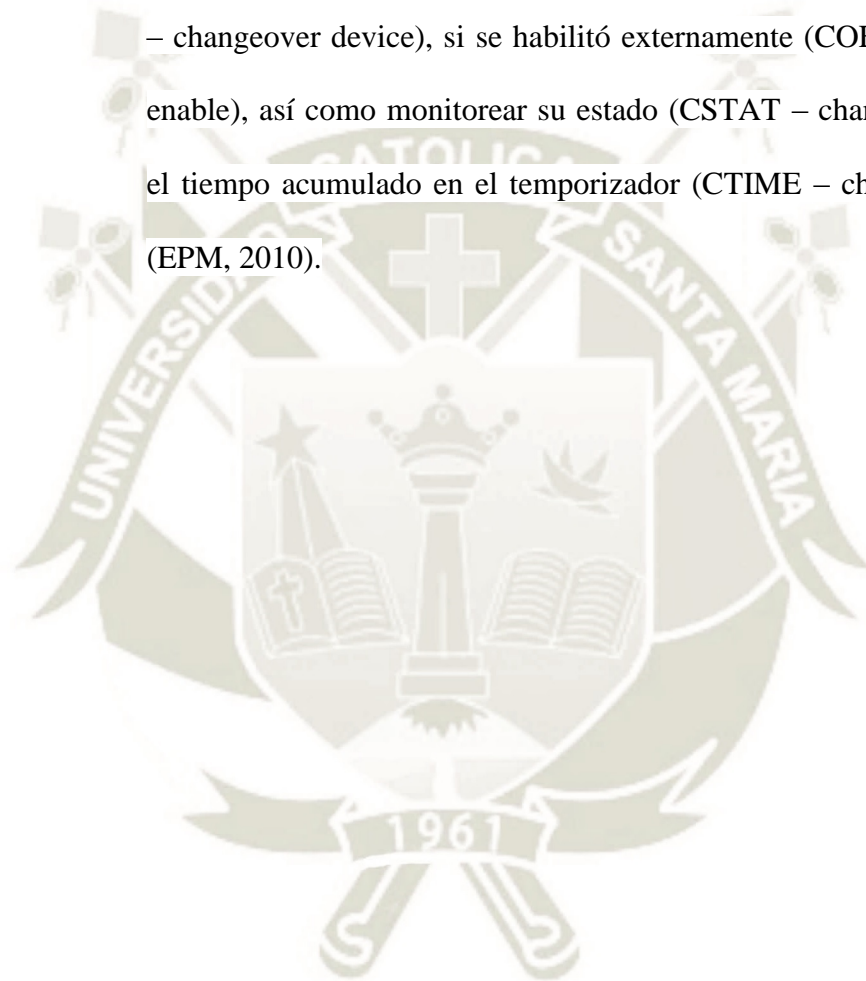
Las prioridades son rotadas cada vez que un equipo es encendido o apagado:

- Si es apagado, se le asigna la prioridad igual al número de equipos conectados (la más baja).
- Si es encendido, se le asigna la prioridad de 1.
- Las prioridades de las demás dispositivos incrementa o decrece de acuerdo a lo anterior.

4.1.8. Modo de cambio

El algoritmo Priority provee la capacidad de cambiar automáticamente las prioridades de los equipos basado en un conjunto de temporizadores en vez de mecanismos externos, busca igualar el desgaste de los equipos.

Nos permite asignar el siguiente dispositivo a realizar el cambio (CODV – changeover device), si se habilitó externamente (COEN – changeover enable), así como monitorear su estado (CSTAT – changeover status) y el tiempo acumulado en el temporizador (CTIME – changeover timer). (EPM, 2010).



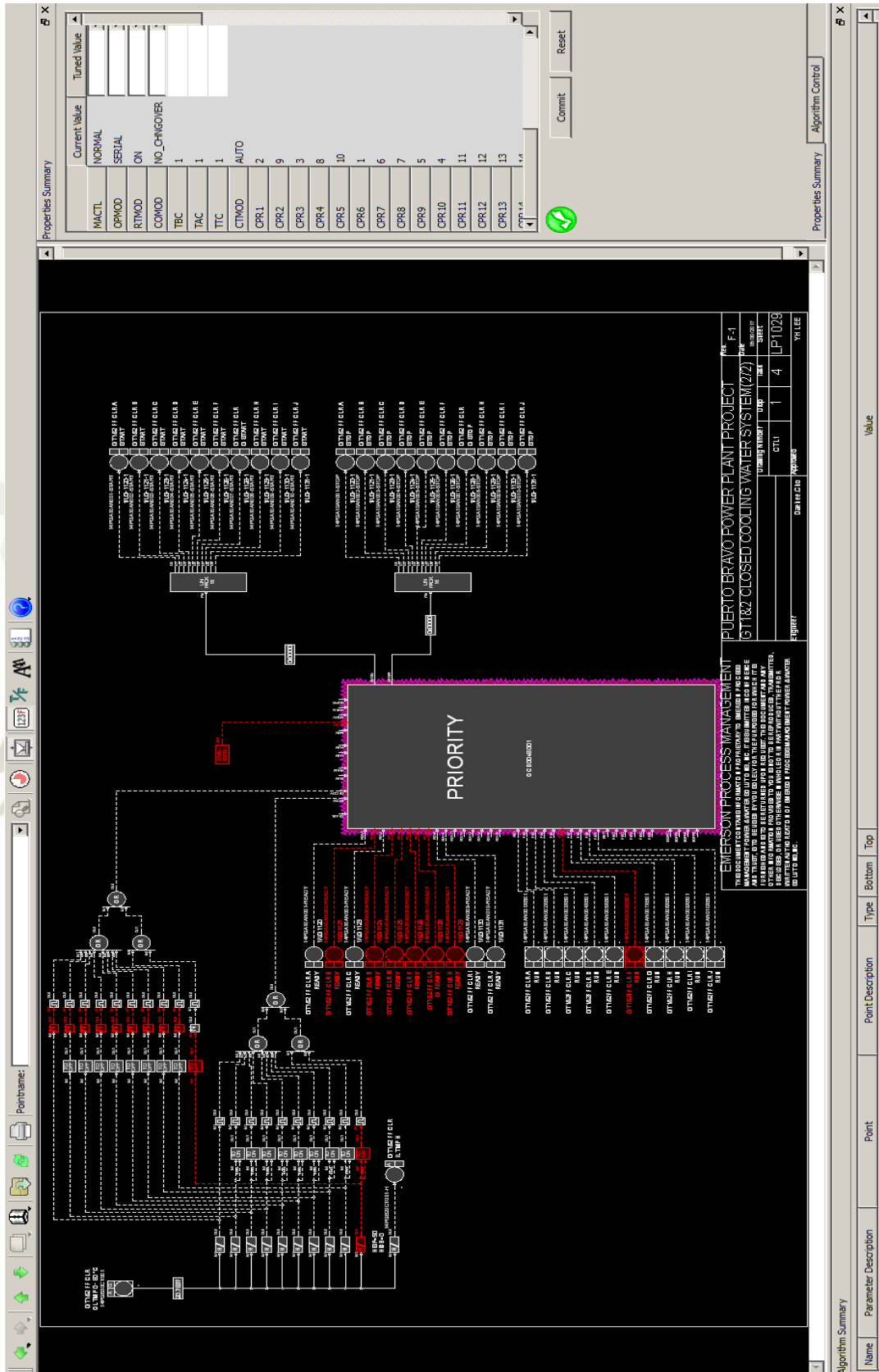


Figura 25: Parámetros establecidos en el algoritmo Priority

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

4.2. Creación de puntos digitales

Para la creación de puntos se hace uso del software Ovation Developer Studio (ver figura 23), el cual integra funciones de procesos de control de ingeniería como crear E/S, puntos digitales/análogos, configurar redes y modificar funciones de la estación del operador.

Los siguientes puntos digitales (ver tabla 09) serán creados en el DROP1/DROP51 (ver figura 24), luego de identificar que la lógica de control del sistema se encuentra en ese DROP, donde se le asigna el código y descripción, además de ciertos parámetros generales, luego se realizara el LOAD al DROP primario y secundario.

Tabla 9: Puntos creados en el Ovation Developer Studio

Fuente: Elaboración propia

VENTILADOR	PUNTO	DESCRIPCION
A	14PGA10AN001-START	GT 1&2 FF CLR A START
	14PGA10AN001-STOP	GT 1&2 FF CLR A STOP
B	14PGA10AN002-START	GT 1&2 FF CLR B START
	14PGA10AN002-STOP	GT 1&2 FF CLR B STOP
C	14PGA10AN003-START	GT 1&2 FF CLR C START
	14PGA10AN003-STOP	GT 1&2 FF CLR C STOP
D	14PGA10AN004-START	GT 1&2 FF CLR D START
	14PGA10AN004-STOP	GT 1&2 FF CLR D STOP
E	14PGA10AN005-START	GT 1&2 FF CLR E START
	14PGA10AN005-STOP	GT 1&2 FF CLR E STOP
F	14PGA10AN006-START	GT 1&2 FF CLR F START
	14PGA10AN006-STOP	GT 1&2 FF CLR F STOP
G	14PGA10AN007-START	GT 1&2 FF CLR G START
	14PGA10AN007-STOP	GT 1&2 FF CLR G STOP
H	14PGA10AN008-START	GT 1&2 FF CLR H START
	14PGA10AN008-STOP	GT 1&2 FF CLR H STOP
I	14PGA10AN009-START	GT 1&2 FF CLR I START
	14PGA10AN009-STOP	GT 1&2 FF CLR I STOP
J	14PGA10AN010-START	GT 1&2 FF CLR J START
	14PGA10AN010-STOP	GT 1&2 FF CLR J STOP

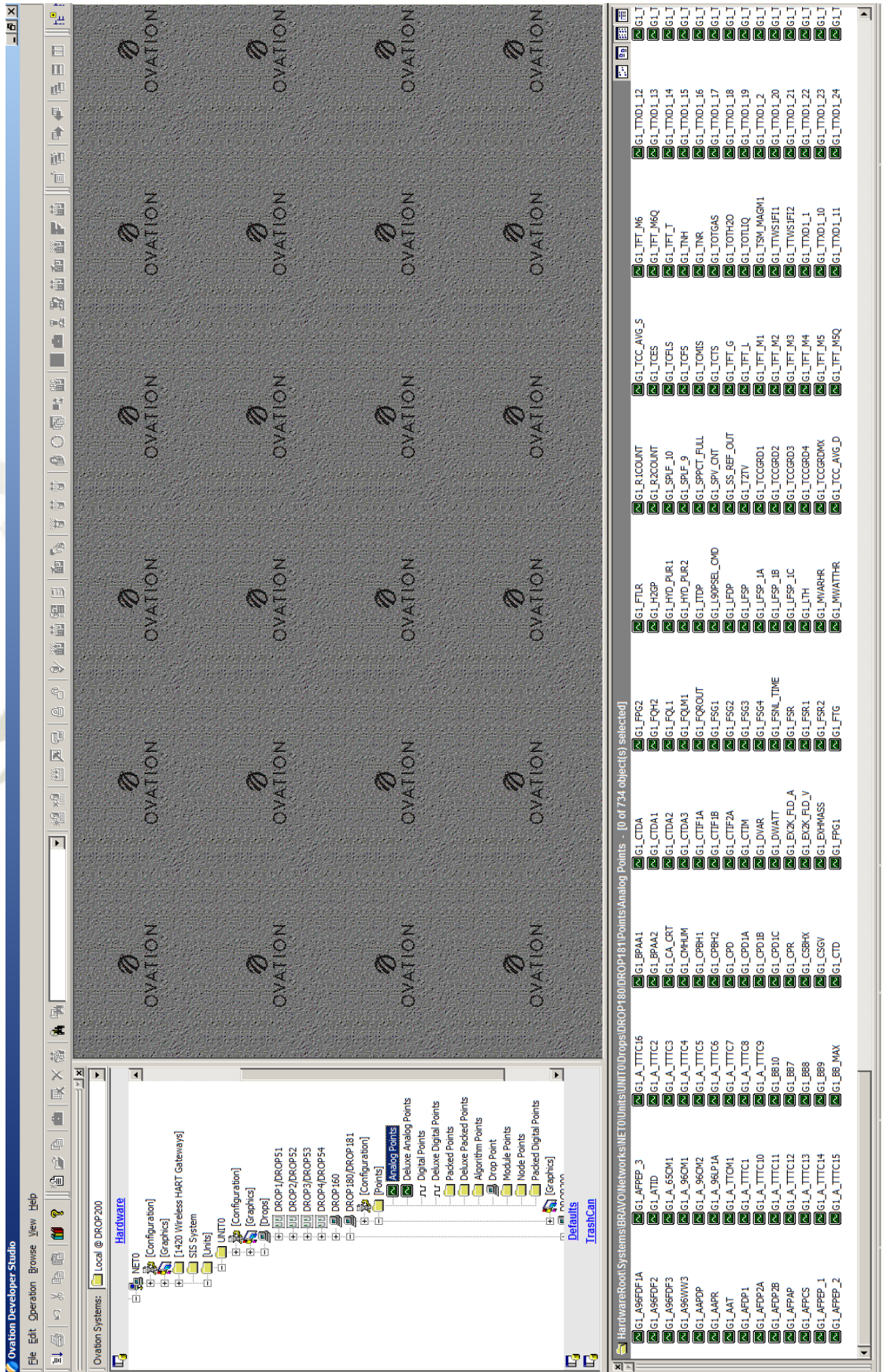


Figura 26: Ovation Developer Studio
Fuente: Central Termeléctrica Puerto Bravo

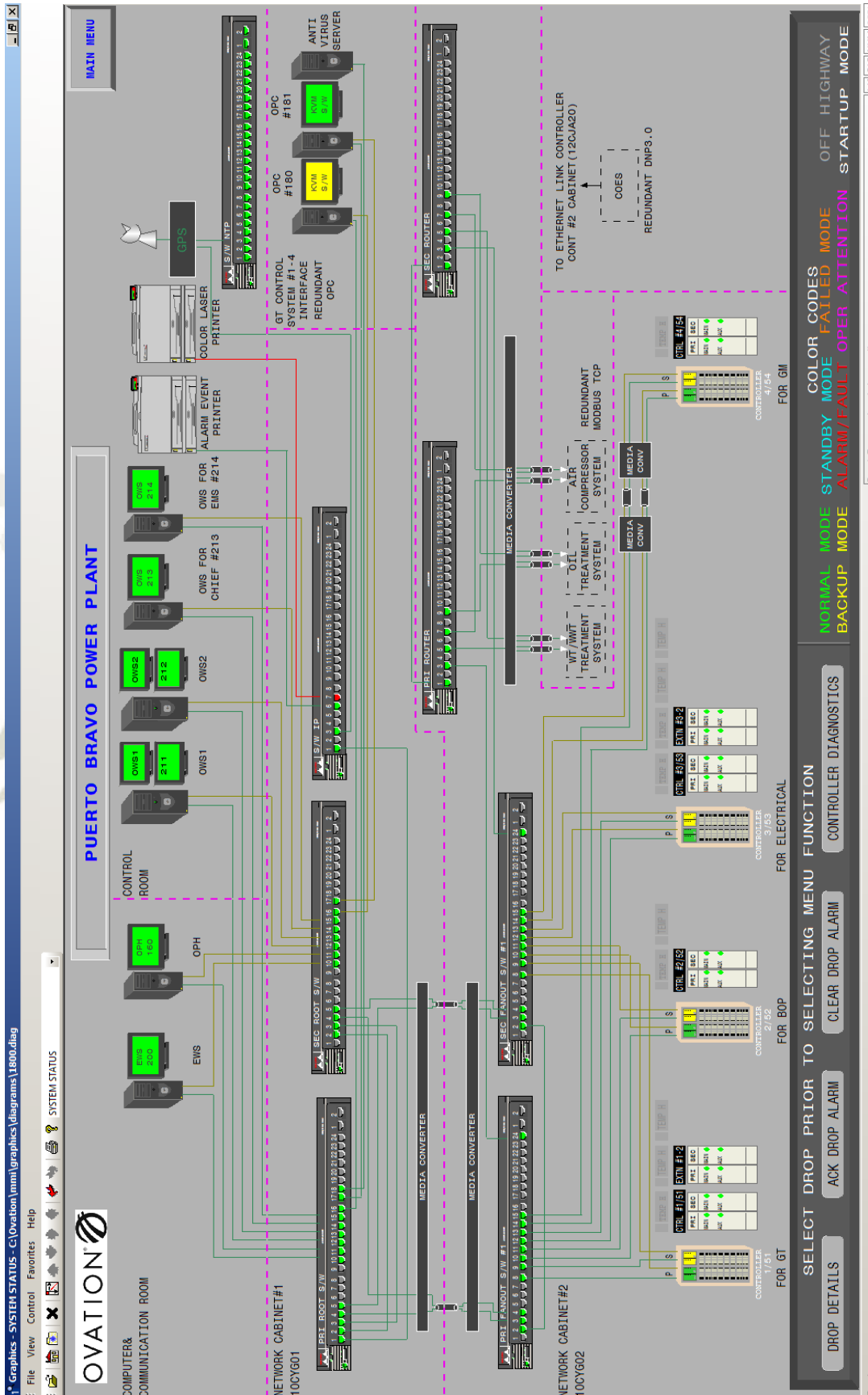


Figura 27: Pantalla de estados del sistema OVATION

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

4.3. Modificación de las hojas de control

Para realizar alguna modificación en la lógica de control se hace uso del software Ovation Control Builder (ver figura 25), el cual es un editor gráfico que permite crear/modificar la programación que se ejecuta en los controladores.

Para poder realizar estas modificaciones es necesario identificar el controlador (DROP1/DROP51), la tarea (TASK 1-5) y las hojas (SHEET) donde se encuentra la lógica de control del sistema de refrigeración de agua (ver tabla 10).

Tabla 10: Hojas de control a modificar

Fuente: Elaboración propia

DROP	TASK	SHEET
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1120-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1121-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1123-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1124-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1125-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1126-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1128-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1129-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1130-1
DROP: 1	TASK: 3	SHEET: LG-1131-1
DROP: 1	TASK: 4	SHEET: LP-1029

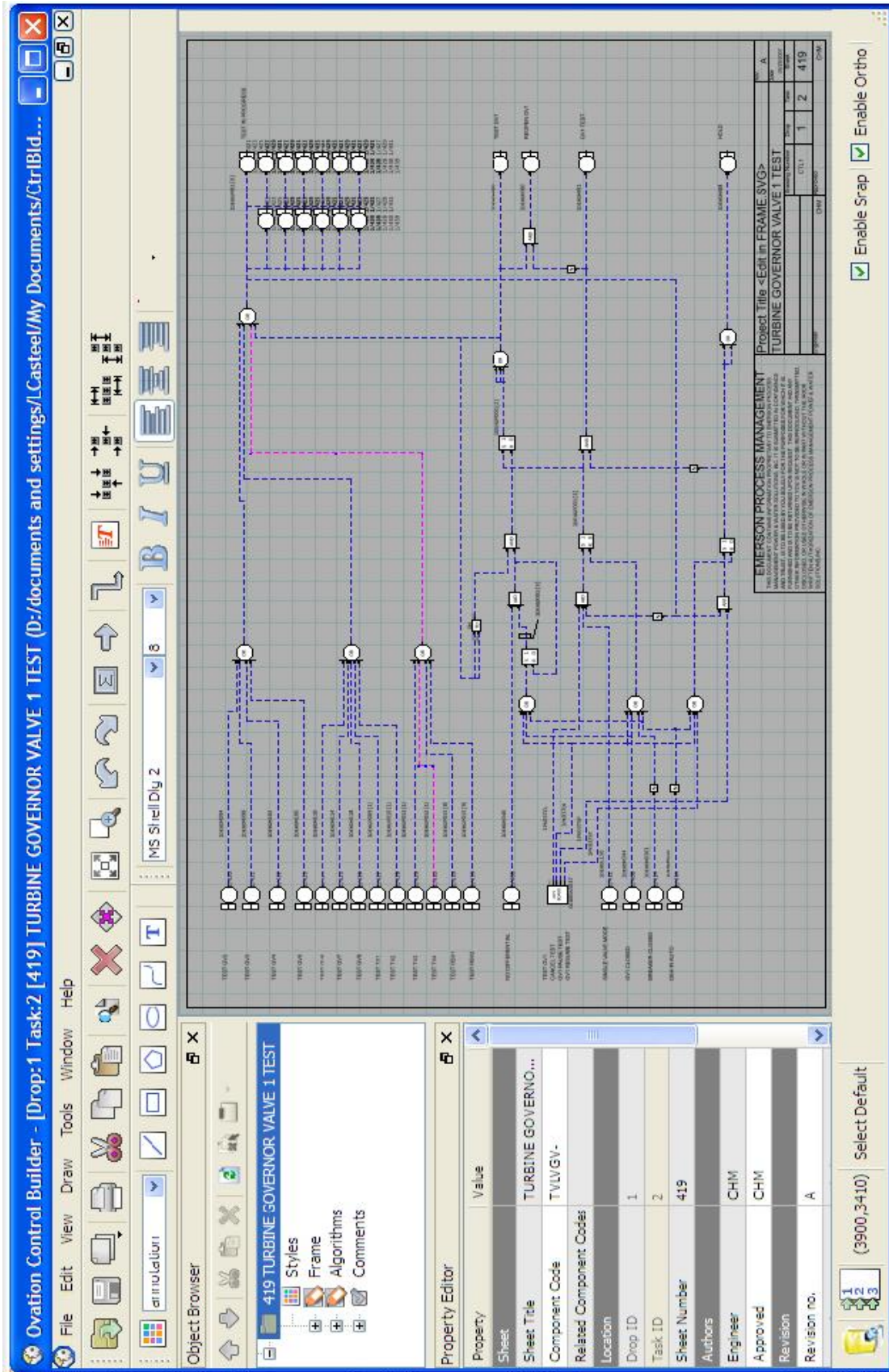


Figura 28: Ovation Control Builder
Fuente: Central Termoelectrica Puerto Bravo

4.3.1. Hoja de control de la temperatura

En la hoja original (ver anexo 09) se observa las señales de control que se activan una vez la temperatura a la salida del sistema alcance los 23°C, 25°C o 27°C, y la señal de alarma de temperatura alta al alcanzar los 50°C.

Estas señales de control serán reemplazadas por el bloque Priority y sus señales requeridas para una apropiada operación (ver anexo 13):

- Señal de retroalimentación de los ventiladores (entrada digital que proviene de interruptores de vibración), la cual indica si están en servicio.
- Señal de disponibilidad de los ventiladores, la cual depende de 3 condiciones:
 - El ventilador se encuentra en modo automático.
 - El ventilador se encuentra en modo remoto.
 - El ventilador no se encuentra en falla.
- Señal de incrementar/disminuir (INCDV/DECDV), las cuales dependen del pulso retardado ocasionado por las variaciones en la temperatura (22°C – 31°C), para controlar el valor de los equipos requeridos (NUMRQ).
- Señal de encendido/apagado (DVON/DVOFF), las cuales de acuerdo al conteo realizado (NUMRQ) y a la rotación de prioridades automática indican la cantidad y posición de los ventiladores a encender o apagar.

4.3.2. Hoja de control de los ventiladores

En la hoja original (ver anexo 09) se observa las señales de comando de encendido y apagado las cuales se controlan de acuerdo a las condiciones de operación definidas anteriormente.

Estas señales de control serán reemplazadas por las señales de comando creadas e implementadas a la salida del bloque Priority (DVON/DVOFF) de la siguiente manera (ver anexo 13):

- El comando START reemplazará las condiciones de arranque:
 - Si la turbina entra en servicio (ventiladores A-B-C-D-E).
 - Si se alcanza la temperatura de 23°C, 25°C o 27°C.
- El comando STOP reemplazará las condiciones combinadas de parada:
 - Si la turbina no está en servicio (ventiladores A-B-C-D-E).
 - Si se alcanza la temperatura de 22°C.
 - Si el ventilador anterior ya no está en servicio.
- Además, si las bombas del sistema salen de servicio, los ventiladores que se encuentren operando también lo harán.
- El proceso se repitiera en los 10 ventiladores del sistema de refrigeración de agua.



CAPITULO IV PRUEBAS Y RESULTADOS

1. OPERACIÓN SIMULADA DEL SISTEMA

En esta etapa se busca verificar la efectividad de la lógica de control optimizada del sistema de refrigeración de agua, para lo cual se hará uso de las tendencias del DCS Ovation, se requiera determinar las variables a evaluar (temperatura de entrada y salida, presión de succión, descarga y a la salida de los ventiladores, y los estados de los ventiladores) y los rangos en los cuales operaran (ver figura 26).

Se forzara la señal de temperatura a valores que simulen las condiciones posibles de operación y se evaluara su comportamiento (ver figura 27 / anexo 14):

- Se incrementará la temperatura de 22°C hasta 31°C en pasos de 1, para verificar que entren en servicio la cantidad de ventiladores requeridos, hasta tener los 10 ventiladores operando en simultáneo.
- Se disminuirá la temperatura de 31°C hasta 22°C en pasos de 1, para verificar que solo queden en servicio la cantidad de ventiladores requeridos, hasta tener los 10 ventiladores sin operar.
- Se establecerá la temperatura en un punto intermedio de 26°C, para verificar que entren en servicio la cantidad de ventiladores requeridos, de uno en uno debido al pulso retardado establecido.
- Se establecerá la temperatura en un punto intermedio de 26°C y configurando algunos de los ventiladores en modo manual y/o local, para verificar que entren en servicio la cantidad de ventiladores requeridos ignorando aquellos que se encuentren indisponibles.

G	Point Name	Historian	Process	Description	End V	Uni	S	Low	High
1	(A) 34PGB30CT001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL TMP	20.....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	35
2	(A) 34PGB20CT001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR IL TMP	22.....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	35
3	(A) 34PGB10CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP COM SUC PRSS	3.68	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
4	(A) 34PGB30CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL PRSS	7.80	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
5	(A) 34PGB20CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP DISC PRSS	3.11	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
6	(A) 34PGA10AN001XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR A RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	2
7	(A) 34PGA10AN002XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR B RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	4
8	(A) 34PGA10AN003XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR C RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	6
9	(A) 34PGA10AN004XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR D RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	8
10	(A) 34PGA10AN005XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR E RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	10
11	(A) 34PGA10AN006XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR F RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	12
12	(A) 34PGA10AN007XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR G RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	14
13	(A) 34PGA10AN008XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR H RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	16
14	(A) 34PGA10AN009XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR I RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	18
15	(A) 34PGA10AN010XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR J RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	20

Figura 29: Operación simulada del sistema – Anexo 14

Fuente: Central Termoelectrica Puerto Bravo

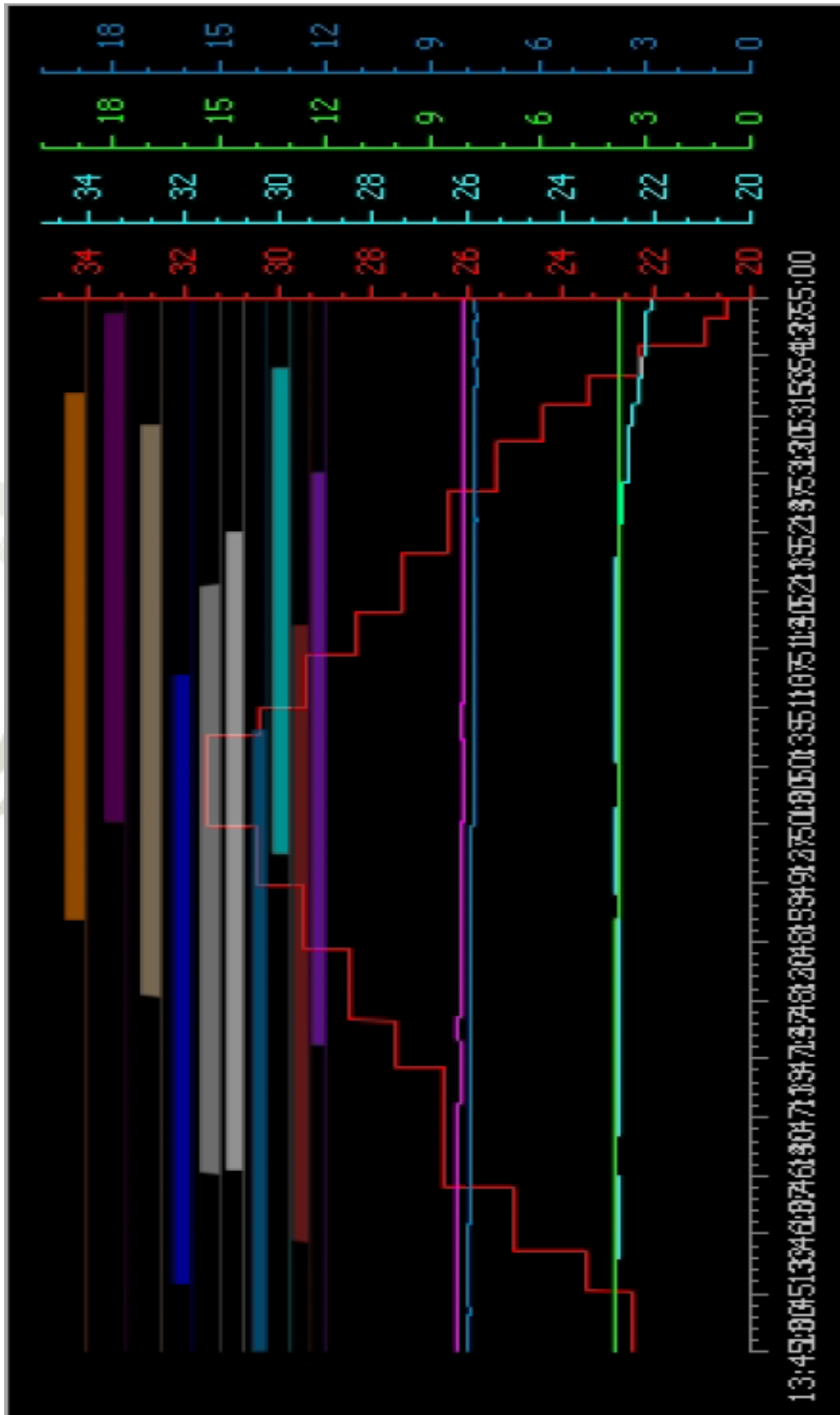


Figura 30: Operación simulada del sistema- Anexo 14

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

2. OPERACIÓN REAL DEL SISTEMA (ANTES)

En esta etapa se busca recopilar información del comportamiento en tiempo real del sistema de refrigeración de agua cuando estuvo expuesto a condiciones reales de operación de las turbinas de gas y debido a ello a las oscilaciones en la temperatura del agua/refrigerante.

Por lo cual se obtendrán tendencias de comportamiento (evidencia gráfica) y tablas de valores (evidencia cuantitativa) de las señales monitoreadas durante el periodo del 14 de septiembre del 2017 al 20 de septiembre del 2017, donde las turbinas operaron de la siguiente manera:

- TG1: 16/09/17 (19:26 horas) - 16/09/17 (23:43 horas).
- TG2: 16/09/17 (18:43 horas) - 17/09/17 (18:28 horas).
- **TG3: 14/09/17 (15:27 horas) - 17/09/17 (08:24 horas).**
- **TG4: 16/09/17 (02:25 horas) - 20/09/17 (00:00 horas).**

De la información recolectada (ver tabla 11) durante la operación real de las turbinas el sistema de refrigeración de agua se comportó de la siguiente manera (ver figura 32 / anexo 15):

- Al entrar en servicio una de las turbinas, arrancaron 4 ventiladores en simultaneo (A – B – D – E, C estuvo indisponible, ninguno tomo su lugar).
- Los ventiladores A – B – D – E asumieron la mayor carga de operación del sistema.
- Se tuvo un máximo de 9 ventiladores en servicio (ventilador C - indisponible), debido a las condiciones de operación (ambas turbinas en servicio)

- La temperatura oscilo en un rango muy amplio, y al ser expuesta a situaciones críticas (ambas turbinas en servicio), alcanzó valores pico de manera rápida y violenta.
- La lógica de control no pudo asumir la regulación de la temperatura de manera eficiente por sí sola, de modo que el operador de sala de control intervino, encendiendo y apagando ventiladores de manera manual, a su criterio.

Tabla 11: Operación real del sistema CCW 3&4 (Antes)

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

Fecha y Hora	Temp	Presión	Ventiladores											Observ
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total	
09/14/2017 16:04:48	21.17	7.40	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4	TG3 E/S
09/14/2017 22:04:48	23.52	7.80	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	6	TG3 E/S
09/16/2017 02:38:24	20.72	7.64	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	8	TG 3&4 E/S
09/16/2017 08:24:00	27.26	7.95	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	6	TG 3&4 E/S
09/16/2017 10:33:36	26.31	7.98	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	9	TG 3&4 E/S
09/17/2017 08:24:00	23.45	7.53	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	7	TG4 E/S
09/17/2017 20:24:00	23.37	7.51	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	5	TG4 E/S
09/18/2017 08:09:36	25.12	7.74	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4	TG4 E/S
09/19/2017 07:12:00	25.99	7.78	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4	TG4 E/S
09/19/2017 23:31:12	22.04	7.51	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	6	TG4 E/S

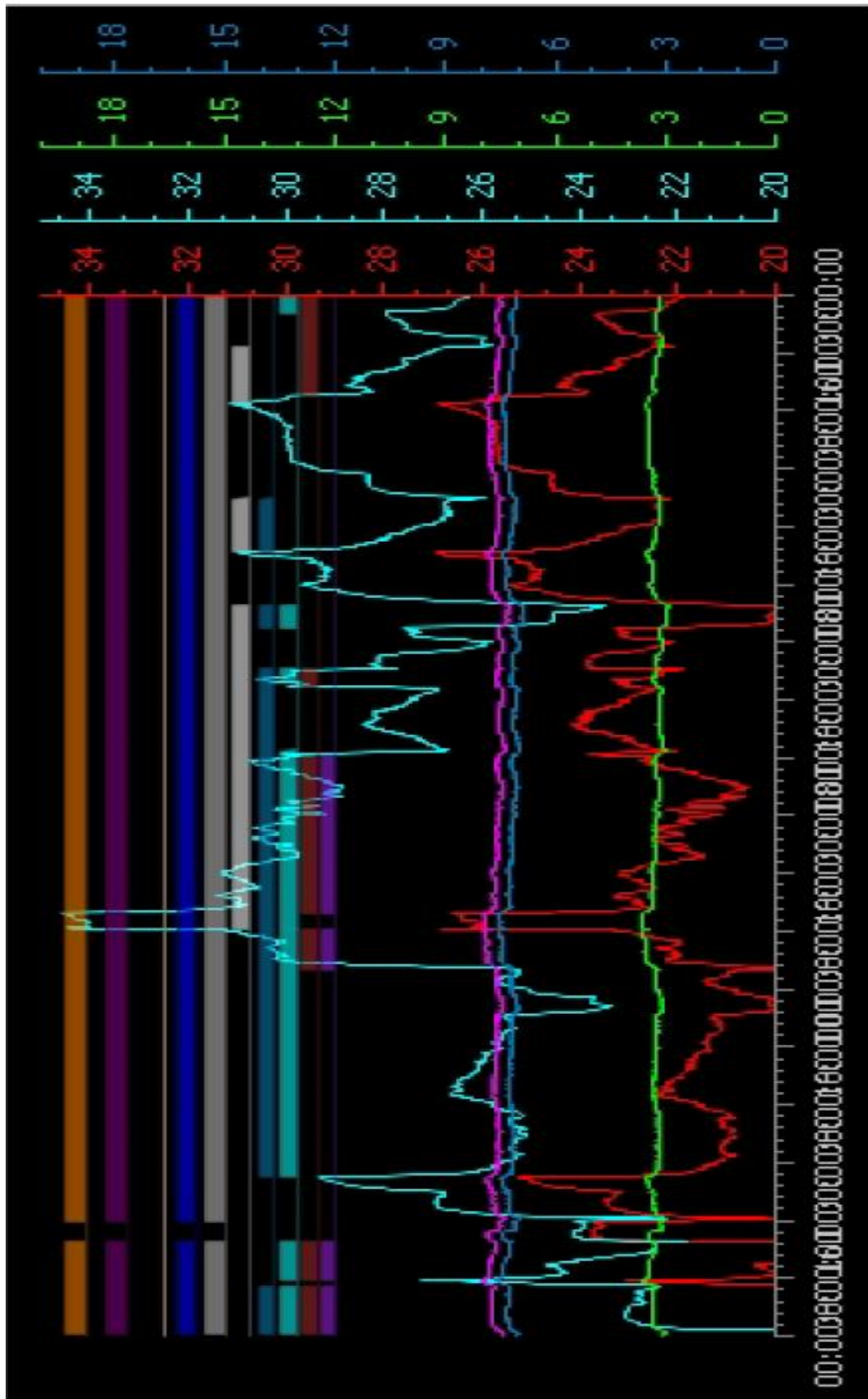


Figura 31: Operación real del sistema CCW 3&4 (Antes) – Anexo 15

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

3. OPERACIÓN REAL DEL SISTEMA (DESPÚES)

En esta etapa se busca recopilar información del comportamiento en tiempo real del sistema de refrigeración de agua cuando estuvo expuesto a condiciones reales de operación de las turbinas de gas y debido a ello a las oscilaciones en la temperatura del agua/refrigerante.

Por lo cual se obtendrán tendencias de comportamiento (evidencia gráfica) y tablas de valores (evidencia cuantitativa) de las señales monitoreadas durante el periodo del 26 de junio del 2018 al 27 de junio del 2018, en el cual se realizó una prueba de potencia efectiva solicitada por el COES, donde las turbinas operaron de la siguiente manera:

- TG1: 26/06/18 (09:20 horas) - 26/06/18 (19:20 horas).
- TG2: 26/06/18 (17:16 horas) - 27/06/18 (03:00 horas).
- **TG3: 26/06/18 (09:00 horas) - 26/06/18 (19:20 horas).**
- **TG4: 26/06/18 (17:00 horas) - 27/06/18 (03:10 horas).**

De la información recolectada (ver tabla 12) durante la operación real de las turbinas, luego de la optimización de la lógica de control, el sistema de refrigeración de agua se comportó de la siguiente manera (ver figura 33 / anexo 16):

- Al entrar en servicio una de las turbinas, arranco solo un ventilador, y de acuerdo al valor de la temperatura esta cantidad aumento hasta oscilar entre 4 a 5 ventiladores en operación, evitando la sobrecarga del sistema eléctrico.
- Al entrar en servicio la segunda turbina, la cantidad de ventiladores en operación oscilo entre 6 y 7, reduciendo el consumo energético.
- Ningún ventilador asumió mayor carga de operación del sistema, resultado del modo de rotación implementado.

- La temperatura oscilo levemente al ser expuesta a situaciones críticas (ambas turbinas en operación), evidenciando la efectividad de la lógica de control mejorada.
- La lógica de control asumió la regulación de la temperatura de manera eficiente y automatizada.

Tabla 12: Operación real del sistema CCW 3&4 (Después)

Fuente: Central Termoeléctrica Puerto Bravo

Fecha y Hora	Temp	Presión	Ventiladores											Observ
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total	
06/26/2018 09:04:30	21.90	7.89	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	TG 3 E/S
06/26/2018 10:06:36	23.12	8.10	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	TG 3 E/S
06/26/2018 10:12:00	23.98	8.16	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	TG 3 E/S
06/26/2018 10:39:00	25.00	8.30	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	4	TG 3 E/S
06/26/2018 17:40:12	26.25	8.56	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	5	TG 3&4 E/S
06/26/2018 17:56:24	27.11	8.81	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	6	TG 3&4 E/S
06/26/2018 18:15:18	27.59	8.49	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7	TG 3&4 E/S
06/26/2018 18:55:48	26.47	8.48	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	6	TG 3&4 E/S
06/26/2018 19:17:24	25.54	8.30	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	5	TG 3&4 E/S
06/27/2018 00:30:36	25.99	8.29	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	4	TG 4 E/S
06/27/2018 02:34:48	24.62	8.02	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	TG 4 E/S
06/27/2018 02:56:24	23.33	7.82	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	TG 4 E/S
06/27/2018 03:12:36	22.54	7.74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	TG 4 E/S

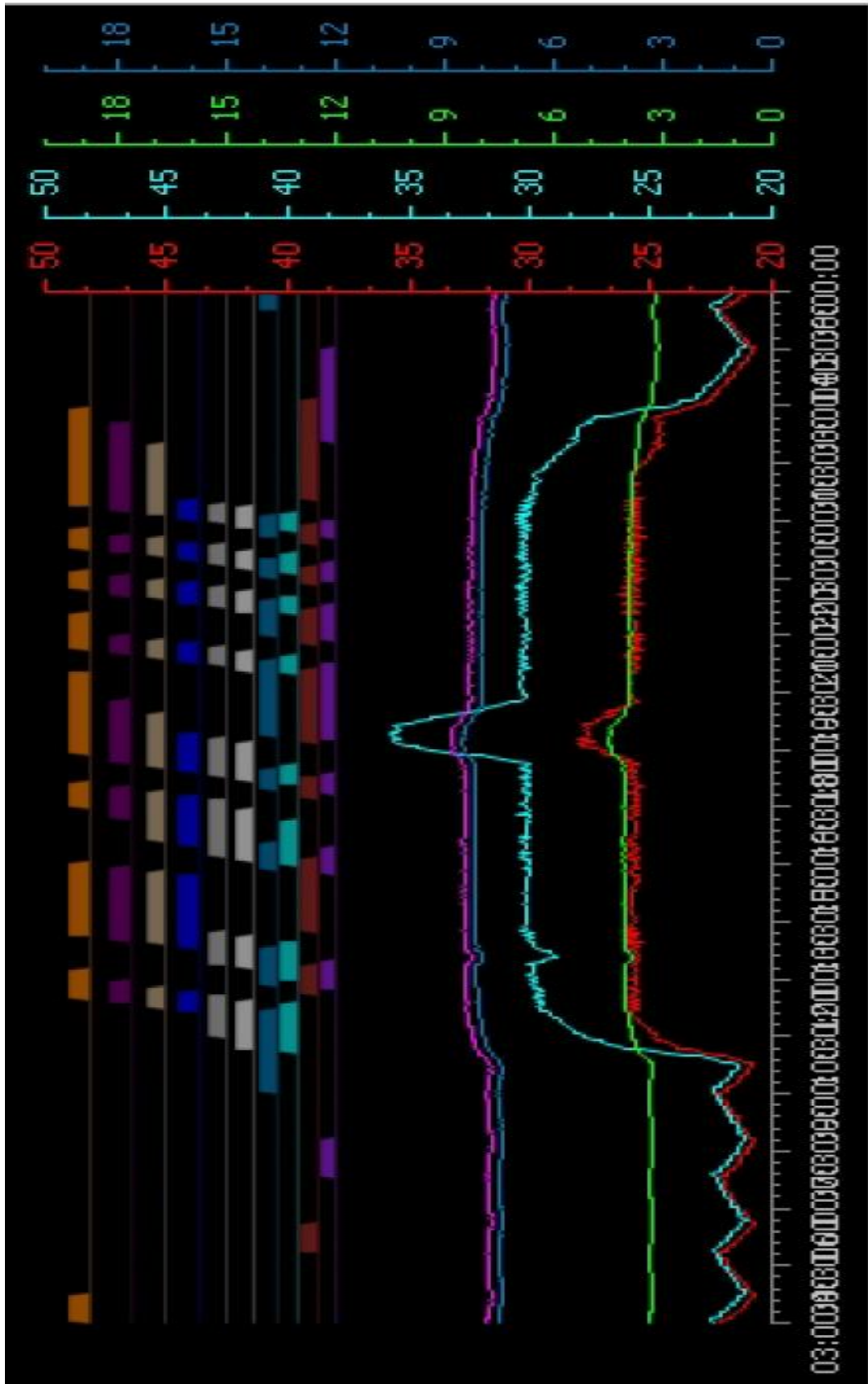


Figura 32: Operación real del sistema CCW 3&4 (Después)- Anexo 16
Fuente: Central Termoelectrica Puerto Bravo

CONCLUSIONES

- Se optimizó exitosamente la lógica de control del sistema de refrigeración de agua, de acuerdo a las condiciones de operación deseadas. El sistema reaccionará de manera automatizada y efectiva.
- Se estableció la temperatura del agua del sistema de refrigeración como variable principal de la lógica de control, basada en la cual se controlara la cantidad y posición de los ventiladores a operar.
- Se implementó la rotación automática de los ventiladores al activar la función del modo rotación del algoritmo Priority.
- Se evitó la sobrecarga del sistema eléctrico (barra de alimentación), al incluir retrasos en los pulsos que varían el número requerido de ventiladores en operación, asegurando así que solo se encienda o apague un ventilador a la vez.
- Se redujo el consumo energético del sistema, al tener como máximo 7 ventiladores operando en simultáneo cuando ambas turbinas se encuentran en servicio.
- Se redujo el consumo energético del sistema, al reemplazar las condiciones de parada que mantenían hasta 10 ventiladores operando en simultáneo sin una necesidad real, por el comando STOP que proviene del algoritmo Priority.
- Se minimizaron las fallas de los ventiladores y equipos asociados al implementar la rotación automática y mantener los tiempos de operación similares de los mismos.

RECOMENDACIONES

- Habilitar el modo cambio del algoritmo Priority, de modo que la rotación automática se active, de manera adicional a las condiciones establecidas, luego de un periodo fijo de operación de los ventiladores, para igualar aún más el tiempo de servicio y el desgaste de los mismos.
- Evaluar disminuir en 1°C los valores de temperatura que encienden y apagan los ventiladores (tabla 8), debido a que la presión a la salida se mantiene superior al valor de alarma, de lo contrario definir un nuevo valor de presión alta de acuerdo a las nuevas condiciones de operación del sistema.
- Realizar un adecuado mantenimiento preventivo (mecánico y eléctrico principalmente) en los periodos establecidos en todos los ventiladores, ya que el tiempo de servicio de los equipos será similar.
- Identificar necesidades y deficiencias operativas, para dar paso a nuevos proyectos de mejora, con la finalidad de mejorar el rendimiento y condiciones operativas de la central termoeléctrica.

BIBLIOGRAFIA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

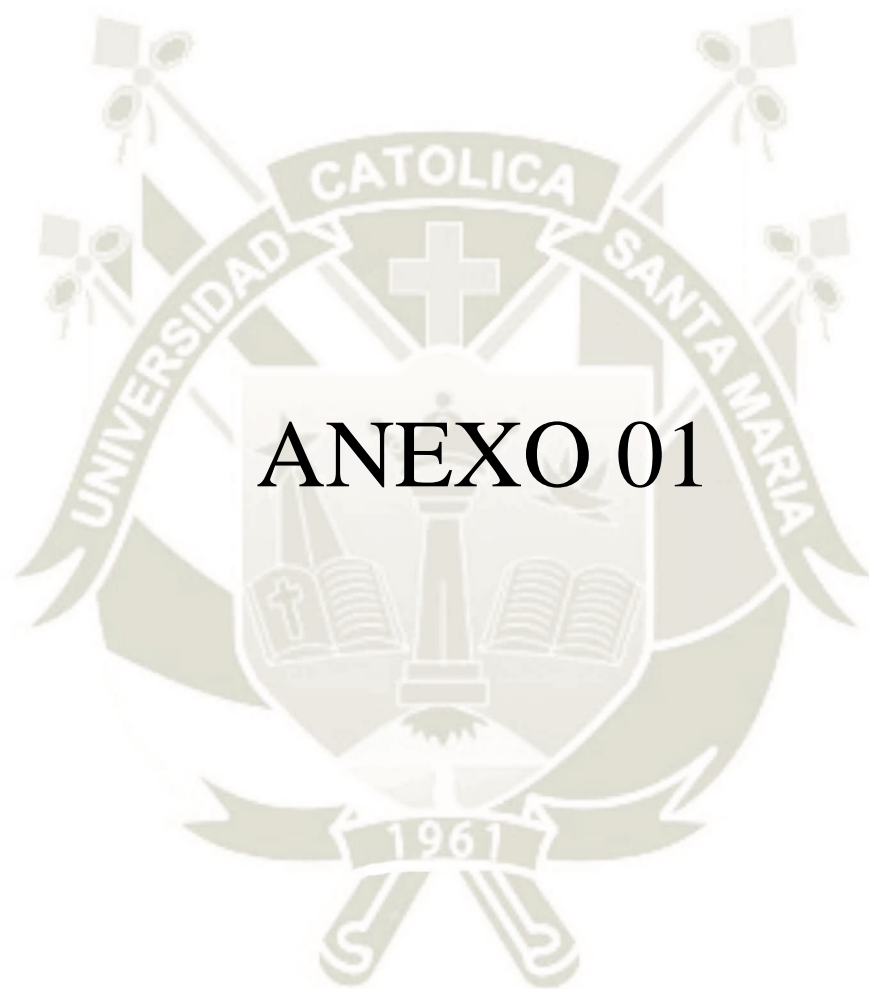
- BOYLESTAD R y NASHELSKY L. (2009). *Electrónica: Teoría de Circuitos y dispositivos electrónicos*. México: Pearson Educación.
- CENGEL Y. A. y BOLES M.A. (2008). *Termodinámica*. México: S.A MCGRAW-HILL.
- CREUS A. (2005). *Instrumentación Industrial*, Madrid: MARCOMBO.
- EMERSON PROCESS MANAGEMENT (2010). *Ovation Software Manual*. Estados Unidos.
- GENERAL ELECTRIC (2015). *Manual de Operación y Mantenimiento*. México.
- OGATA K. (2002). *Ingeniería de Control Moderno*, México: Pearson Educación.
- TECSUP (2015) *Sistemas Eléctricos de Potencia*. Lima: Tecsup
- WILDI T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. México: Pearson Educación.

REFERENCIAS ELECTRONICAS

- OSINERGMIN (2018). *Central Termoeléctrica Puerto Bravo*.
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/PROYECTOS%20GFE/Acorde%C3%B3n/Generaci%C3%B3n/1.4.13.pdf
- PUERTO BRAVO (2015). *Empresa Puerto Bravo*.
<http://www.puertobravo.com.pe/temas/empresa/>

ANEXOS

- Anexo 01 - Central Termoeléctrica Puerto Bravo (Osinergmin)
- Anexo 02 - GE Power Plants 7F
- Anexo 03 - Planos generales de turbina 7FA
- Anexo 04 - Arranque de turbina combustible líquido
- Anexo 05 - DCS Mark Vie Datasheet
- Anexo 06 - DCS Ovation
- Anexo 07 - P&ID Closed Cooling Water (BOP)
- Anexo 08 - P&ID Cooling Water (Turbina)
- Anexo 09 - Lógica de control (Antes)
- Anexo 10 - Datos técnicos del motor eléctrico del ventilador
- Anexo 11 - Diagrama unifilar de la barra de alimentación
- Anexo 12 - Bloque funcional Priority
- Anexo 13- Lógica de control (Después)
- Anexo 14 - Simulación de operación de los ventiladores
- Anexo 15 - Operación real de los ventiladores CCW 3&4 (Antes)
- Anexo 16 - Operación real de los ventiladores CCW 3&4 (Después)



ANEXO 01

CENTRAL TERMOELÉCTRICA PUERTO BRAVO-NODO ENERGÉTICO DEL SUR MOLLENDO (788,8 MW)

DENOMINACIÓN	CENTRAL TERMOELÉCTRICA PUERTO BRAVO		
EMPRESA CONCESIONARIA	SAMAY I S.A.		
TECNOLOGÍA	Generación Termoeléctrica Dual a Gas Natural y Diésel B5		
UBICACIÓN	Departamento: Arequipa Provincia: Islay Distrito: Mollendo Altitud: 56.5 msnm		
DATOS TÉCNICOS DE CENTRAL	Potencia Instalada: 788,8 MW (Gas Natural) / 616 MW (Diesel B5) Número de Unidades de Generación: 4 Turbinas a Gas (154 MW c/u-Diesel B5) / (180 MW c/u-Gas) Fuente de Energía: Diesel B5 (proyectado para Gas Natural)		
DATOS DE LA TURBINA A GAS	Potencia: 4 turbinas de (154 MW c/u-Diesel B5) / (180 MW c/u-Gas) Marca: General Electric		
DATOS DEL GENERADOR	Potencia: 4x232 MVA Tensión de Generación: 18 kV Marca: General Electric		
DATOS TRANSFORMADOR	Potencia: (130/160/200 MVA)/(ONAN/ONAF1/ONAF2) a 40°C Nivel de Tensión: 500 kV/18 kV		
DATOS DE CONTRATO		HITOS	
Tipo de contrato	Compromiso de Inversión	EIA	17.11.2014
Firma de Contrato	20.01.2014	Cierre Financiero	04.12.2014
Puesta en Operación Comercial (POC)	26.05.2016	Llegada de equipos	15.06.2015
Precio por Potencia	6 899 US\$/MW-mes	POC	26.05.2016



Zona de Ubicación



Tanque de Almacenamiento Combustible Diésel B5



Grupos Black Start (Arranque Autónomo)



Turbinas y Generadores 1, 2, 3 y 4

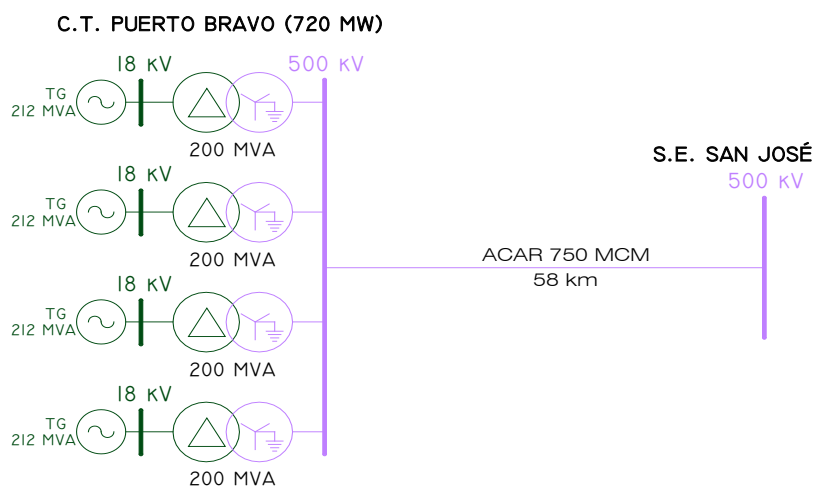


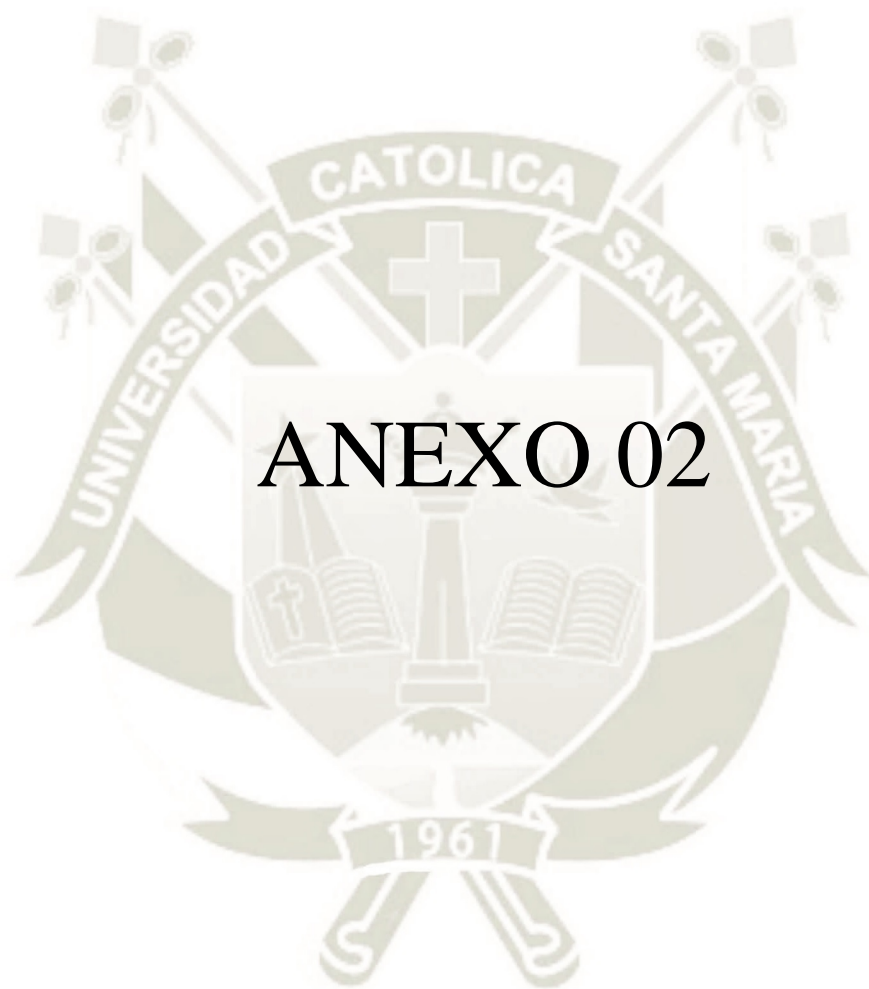
Transformadores de la C.T. Puerto Bravo

INFORMACIÓN RELEVANTE

- El proyecto se ubica en el distrito de Mollendo (Arequipa) a una altura de 56,5 msnm.
- La capacidad de la central por contrato es de hasta 600 MW sin embargo, SAMAY I instaló 788,8 MW (4 generadores de marca G.E. de 232 MVA c/u).
- En la Etapa 1, operará con Diesel B5, hasta que se disponga de gas natural.
- En la Etapa 2, utilizará gas natural.
- La central tiene conexión al Terminal de combustible de Mollendo, mediante un poliducto y en el futuro (cuando se disponga de gas natural) al Gasoducto Sur Peruano.
- Se construyó con la modalidad de Contrato EPC: Posco (Central), Siemens (S.E. GIS) y Abengoa (Línea de Transmisión 500 kV y Ampliación de S.E. San José).
- Las obras de la central y la L.T. 500 kV Puerto Bravo-San José se encuentran concluidos.
- El proyecto presenta un avance global de 100%.
- Con carta COES/D/DP-570-2016, el COES aprobó la Puesta en Operación Comercial de la Central Termoeléctrica Puerto Bravo desde las 00:00 horas del 26.05.2016 con las siguientes potencias efectivas: TG1 (153,98 MW), TG2 (153,97 MW), TG3 (153,96 MW) y TG4 (153,86 MW).
- El monto de inversión aproximado fue de US\$ 390 millones.

ESQUEMA UNIFILAR DE LA CENTRAL





ANEXO 02



7F Power Plants

The demands of today's power generation industry are many: low cost of electricity, dispatch volatility, along with high efficiency, reliability, and asset availability. With more than 1,100 installed units producing 260 GW of power in 58 countries, GE's 7F gas turbine is a proven performer in all these areas. Among its features, the 7F provides 98.6 percent reliability, which enables five to six more days of operation per year than the industry average.

198-243 MW SIMPLE CYCLE OUTPUT
>60% COMBINED CYCLE EFFICIENCY



Capability

Field replaceable compressor blades reduce downtime and outage costs



Versatility

Only F-class that burns Arabian Super Light; also offers 15% CO₂, +20%/-10% Modified Wobbe Index, and 5% hydrogen



Sustainability

Continually leading the way since being the first F-class to achieve 5 ppm NO_x emissions



198-243 MW

SIMPLE CYCLE
OUTPUT

>60% COMBINED CYCLE EFFICIENCY

		7F.04	7F.05
SC Plant Performance	SC Net Output (MW)	198	243
	SC Net Heat Rate (Btu/kWh, LHV)	8,840	8,570
	SC Net Heat Rate (kJ/kWh, LHV)	9,187	9,042
	SC Net Efficiency (% , LHV)	38.6%	39.8%
Gas Turbine Parameters	Compression Pressure Ratio (X:1)	16.7	18.6
	GT Generator Type (Cooling)	Hydrogen	Hydrogen
	Number of Combustor Cans	14	14
	Number of Compressor Stages	18	14
	Number of Turbine Stages	3	3
	Exhaust Temperature (°F)	1,151	1,189
	Exhaust Temperature (°C)	622	643
	Exhaust Energy (MM Btu/hr)	1,059	1,260
	Exhaust Energy (MM kJ/hr)	1,117	1,329
	GT Turndown Minimum Load (%)	49%	43%
	GT Ramp Rate (MW/min) ¹	30	40
	NO _x (ppmvd) at Baseload (@15% O ₂)	9	12
	CO (ppm) at Min. Turndown w/o Abatement	9	9
	Wobbe Variation (%)	+/-7.5%	+/-7.5%
Startup Time, Conventional/Peaking (Min.) ²	21/11	21/11	
1x1 CC Plant Performance	CC Net Output (MW)	305	376
	CC Net Heat Rate (Btu/kWh, LHV)	5,715	5,649
	CC Net Heat Rate (kJ/kWh, LHV)	6,030	5,960
	CC Net Efficiency (% , LHV)	59.7%	60.4%
	Plant Turndown - Minimum Load (%)	58%	46%
	Ramp Rate (MW/Minute) ¹	30	40
Startup Time (RR Hot, Minutes) ³	28	25	
1x1 CC Power Plant Features	Bottoming Cycle Type	3PRH	3PRH
	HP Throttle Press. (psia/bar)	1,755/121	2,285/158
	HP Throttle Temp. (°F/°C)	1,085/585	1,085/585
	Reheat Temp. (°F/°C)	1,085/585	1,085/585
	ST Configuration (Type)	STF-D650	STF-D650
	GT Generator Type (Cooling)	Hydrogen	Hydrogen
ST Generator Type (Cooling)	Air	Air	
2x1 CC Plant Performance	CC Net Output (MW)	615	756
	CC Net Heat Rate (Btu/kWh, LHV)	5,676	5,649
	CC Net Heat Rate (kJ/kWh, LHV)	5,989	5,960
	CC Net Efficiency (% , LHV)	60.1%	60.4%
	Plant Turndown - Minimum Load (%)	27%	22%
	Ramp Rate (MW/Minute) ¹	60	80
Startup Time (RR Hot, Minutes) ³	28	25	
2x1 CC Power Plant Features	Bottoming Cycle Type	3PRH	3PRH
	HP Throttle Press. (psia/bar)	2,400/165	2,400/165
	HP Throttle Temp. (°F/°C)	1,085/585	1,085/585
	Reheat Temp. (°F/°C)	1,085/585	1,085/585
	ST Configuration (Type)	STF-D650	STF-D650
	GT Generator Type (Cooling)	Hydrogen	Hydrogen
ST Generator Type (Cooling)	Hydrogen	Hydrogen	

1.) Ramp rates are Fast Ramp via AGC.

2.) Start times recognize purge credit. Turning gear to full speed, full load and synchronized to grid. Peaking maintenance factors may apply depending on the operating profile.

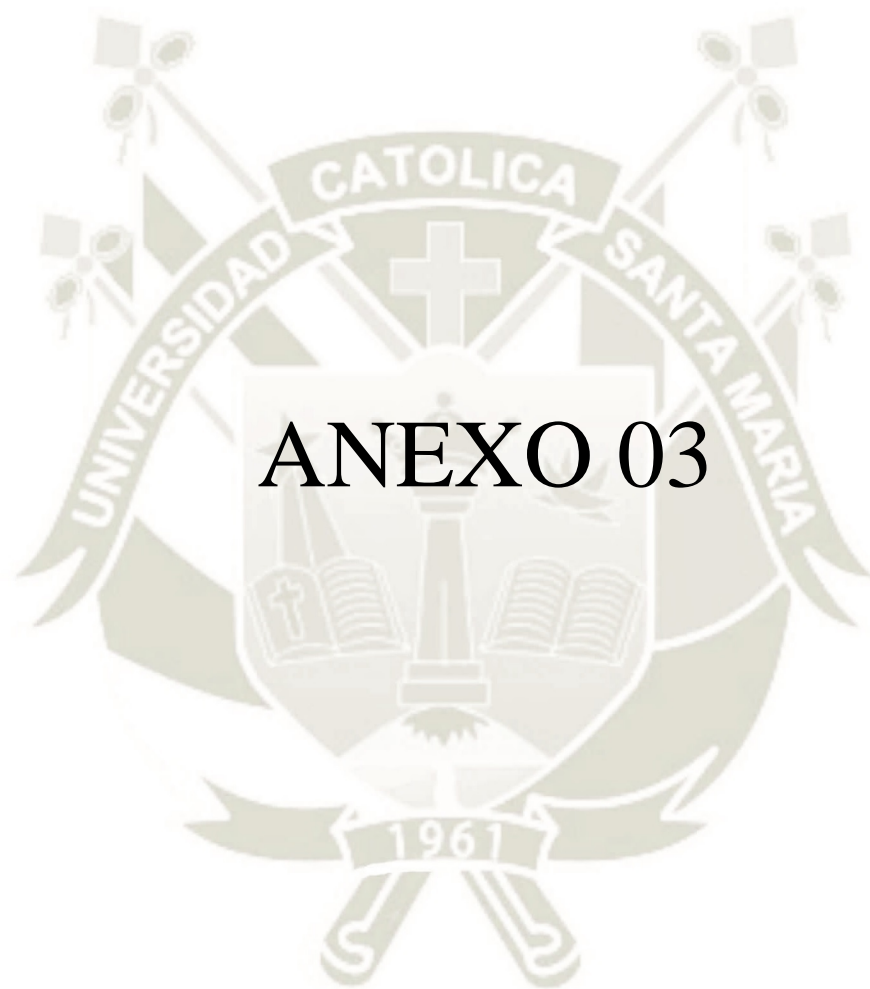
**The 7F.05
achieves a
field-validated
and customer-
accepted
10-minute cold
start to 200 MW
on natural gas
and liquid fuel.**



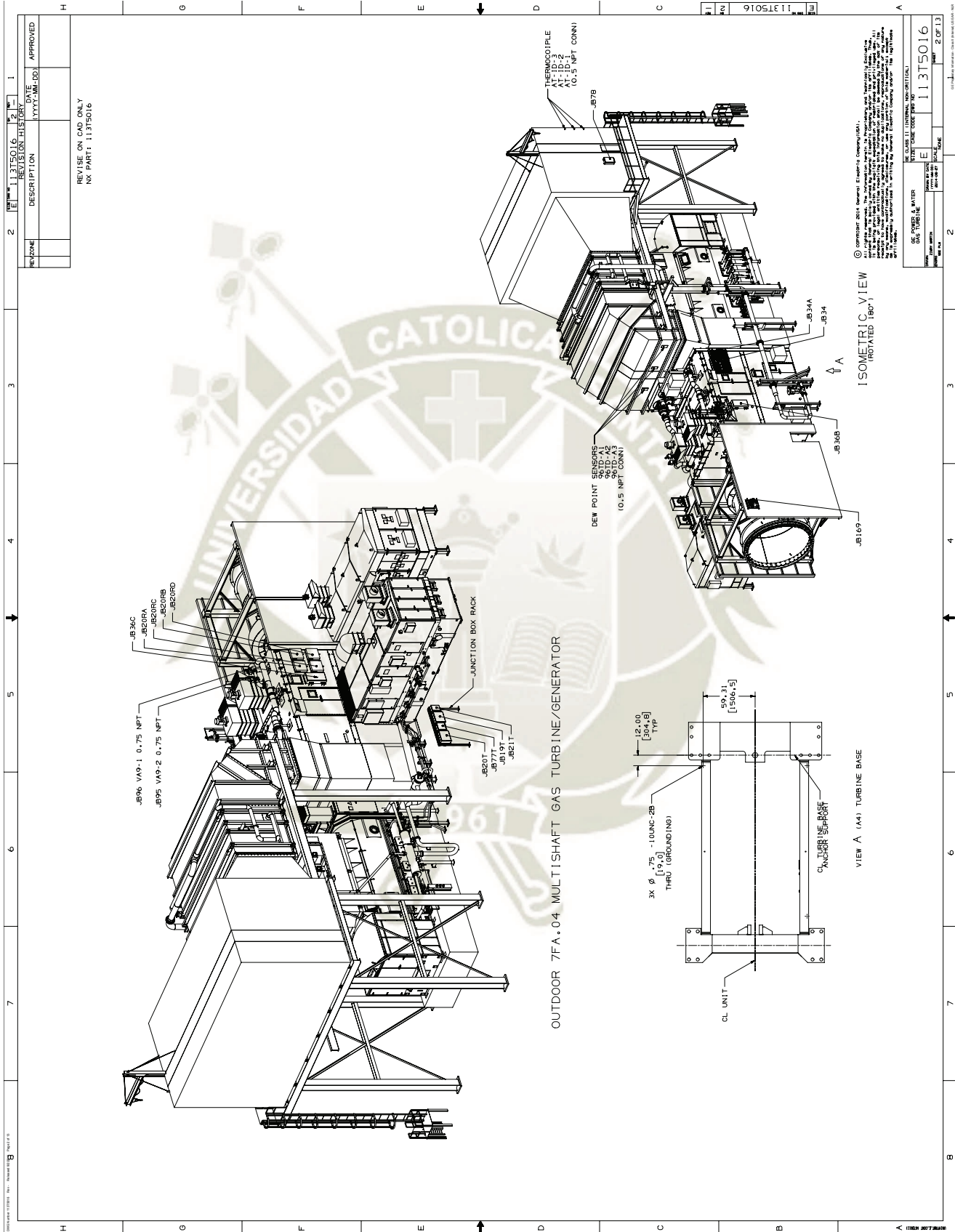
gepower.com

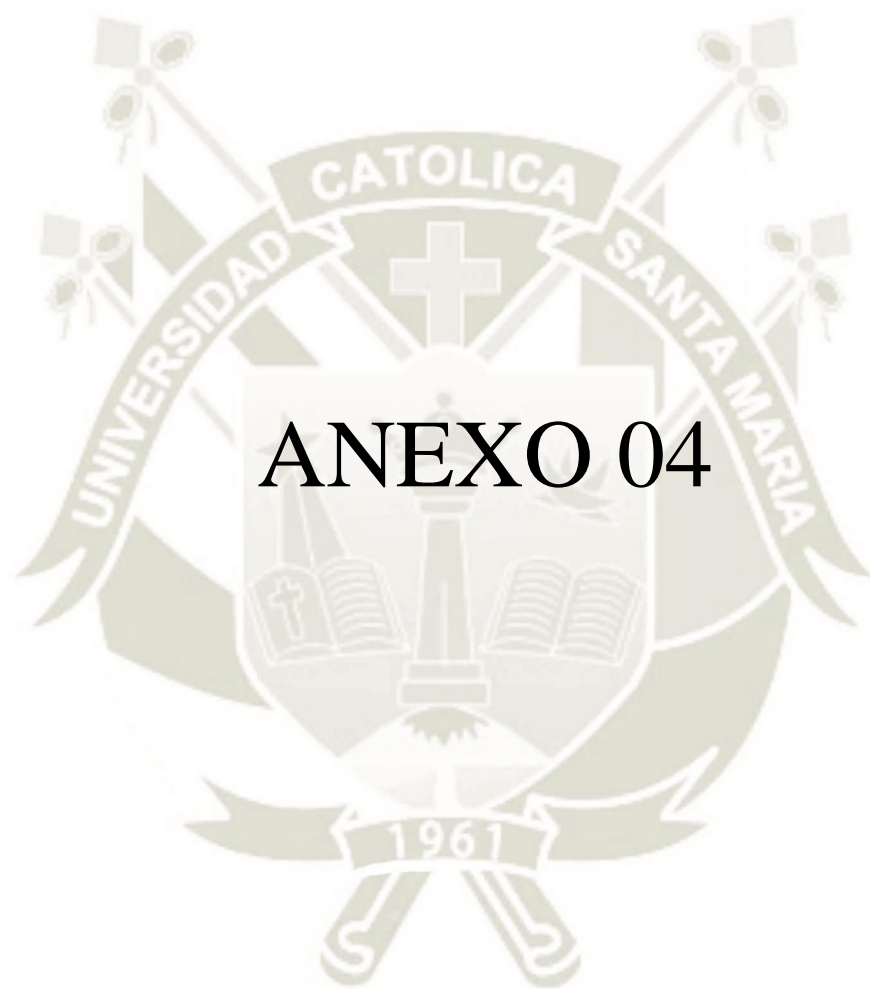
© 2017 General Electric Company.
All rights reserved.

GEA32930 (11/2017)



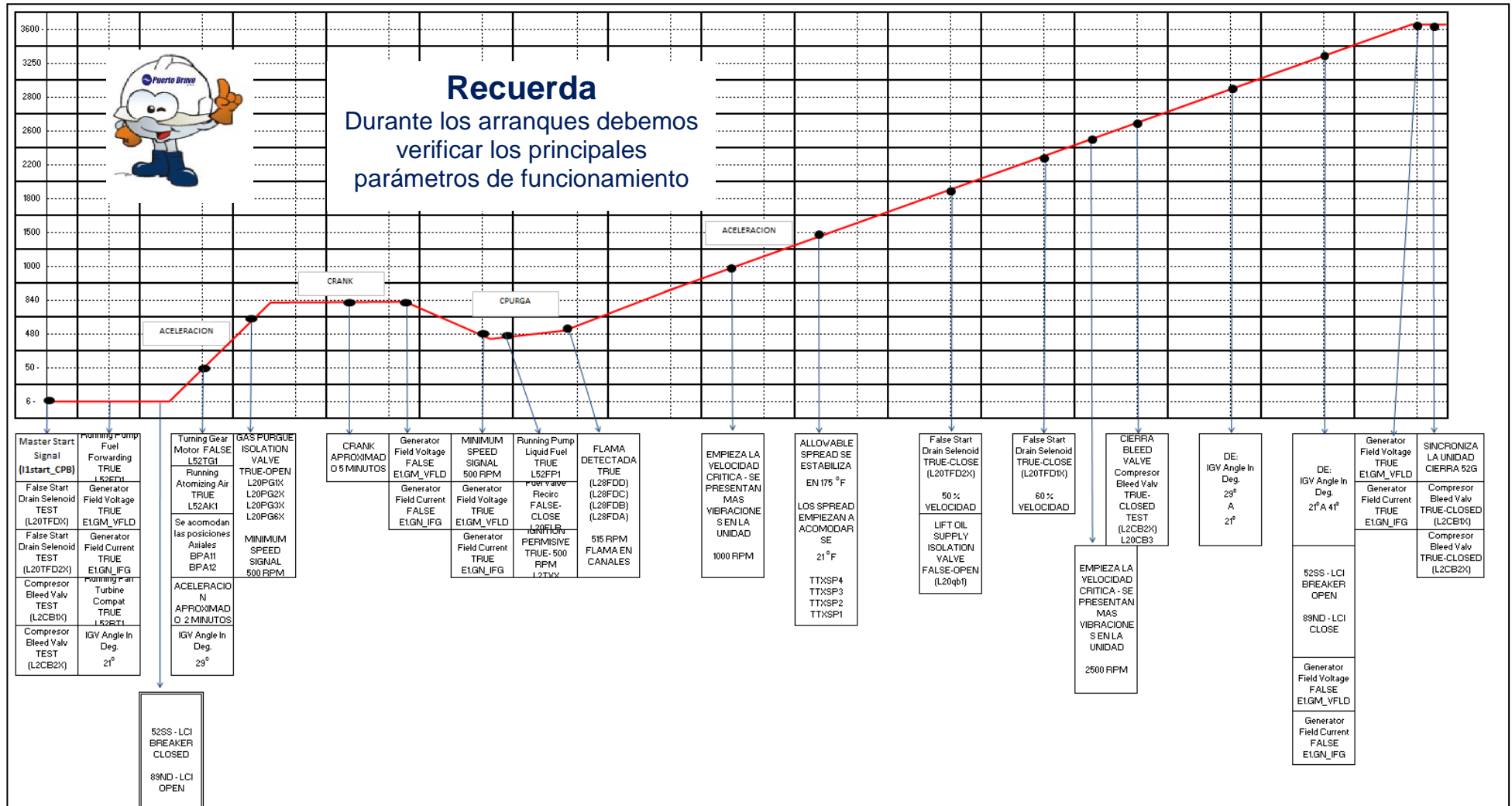
ANEXO 03

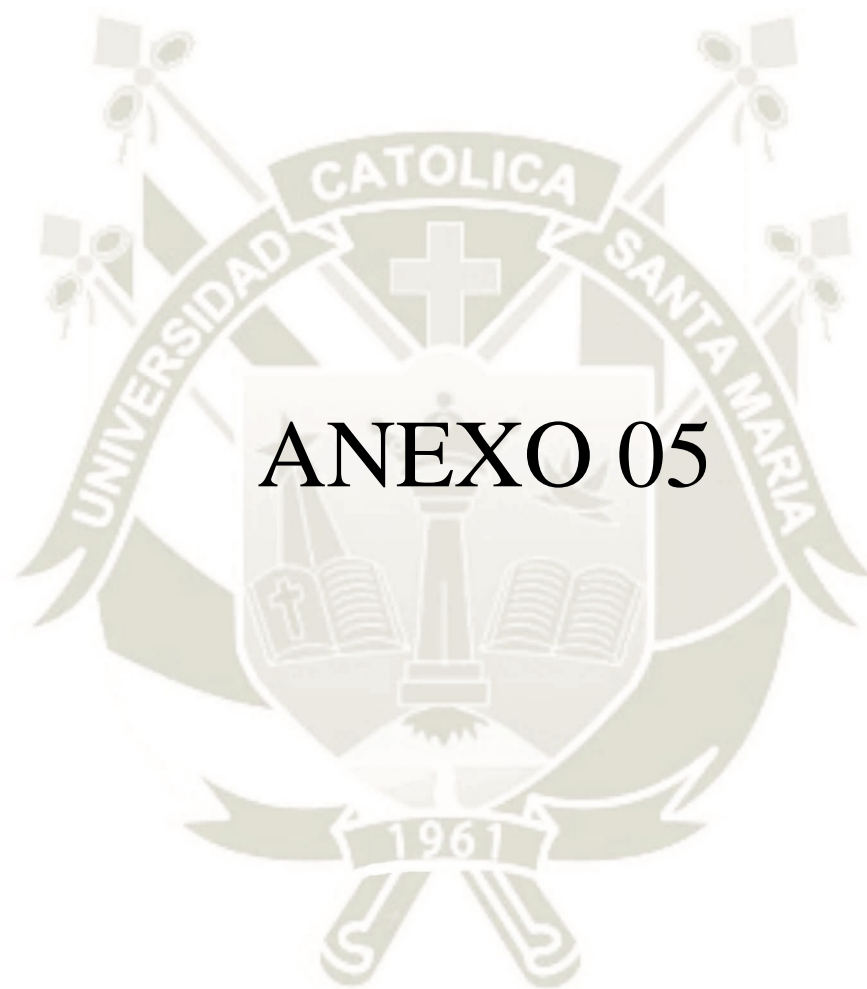




ANEXO 04

ARRANQUE DE TURBINA COMBUSTIBLE LÍQUIDO





ANEXO 05

Distributed Control System (DCS)

fact sheet

GE Energy's Distributed Control System (DCS) provides total plant control at a single level, combining the gas turbine, steam turbine, generator, boiler or HRSG, and balance-of-plant equipment control in a single distributed architecture. Built on our years of experience of providing superior turbine controls, GE Energy can help you operate your entire power plant from one, integrated control with a custom-engineering DCS solution.

GE Energy's DCS is a flexible solution for today's power plants. Able to be built on the Mark VI or the Mark VIe platforms, local or remote I/O and controllers can be provided in any redundancy configuration. Monitoring and control of the power plant are accomplished through common operator Human-Machine Interfaces (HMI) that run on the Microsoft* Windows* operating system and utilize CIMPLICITY** graphic software. HMI screens and navigation are common among all components of the power plant, with each HMI having access to all plant equipment, enabling full functionality from any point in the plant.

Distributed data can be obtained quickly and reliably from any part of the plant through redundant Ethernet networks. The plant-wide Historian provides time coherent data collection and analysis, fully integrating the turbine, generator, and BOP equipment. Additionally, GE's robust ToolboxST*** serves as a single software configuration and diagnostic tool on all DCS-controlled equipment, providing powerful plant performance analysis capabilities.

GE Energy's DCS is more than just cutting edge controls technology. We offer the knowledge and industry expertise to develop a reliable answer for your plant, from utilizing patented controller software algorithms to incorporating the latest GE hardware for customized configurations. Using an integrated approach that includes consultative design and engineering services, spare parts, maintenance and repairs, training, and personalized project management, GE Energy delivers the results to help your plant achieve success.

From combined-cycle to fossil to nuclear, improve your power plant operations with better data, where you need it, when you need it. Standardize on a common DCS platform for an integrated, reliable solution to reduce supplier interfaces, improve plant data quality, and increase profitability. Turn to GE Energy for plant-wide control of your power plant.



fact sheet

Benefits of a True Plant Solution

Compared to the traditional DCS approach to plant control, GE Energy's DCS solution offers a variety of benefits to the controls engineer and power plant operator. Benefits are realized from plant integration, improved plant operation, and reduced costs.

Integrating Plant Control (single system plant control)

- Unified plant control, monitoring, and data collection
- Full control from each operator station for all equipment through the HMI; one interface to monitor and control plant equipment
- Common screens and navigation for turbines and BOP
- Single vendor responsibility for gas turbine, steam turbine, HRSG, and BOP controls
- Eliminates turbine control and DCS interfaces

Improving Plant Operation (improve the quality of your plant data)

- Single configuration and diagnostic tool improves programming and troubleshooting, decreasing operator and maintenance training expenses
- Common alarm system with SOE capability for all digital inputs
- One time coherent database for all plant equipment
- Plant-wide Historian with OSI Pi and Pi-to-Pi system interface options

Reducing Costs (increase your profitability)

- Common hardware minimizes spare parts, training costs, and time and expenses associated with start-up
- Increased availability and reduced downtime through flexible redundancy
- Eliminates engineered gateways, hard-wired interfaces, and duplication which lowers engineering and installation costs
- Performance optimization and maintenance management software
- Central or remote I/O options provide flexibility in plant design and reduces installation costs

Specifications

Hardware	Mark VI or Mark VIe
Networks	100MB Ethernet (cat 5 & fiber)
Redundancy	Simplex, dual, triple
System speed	10ms in any configuration
Operating System	QNX (Controllers & I/O)
Repair	Online repair, downloads, hot-swap
Temperature	-30°C to 65°C (sensor on each I/O block)
Accuracy	Specified over entire operating range
Software	Fully programmable w/multiple block libraries
Format	Function blocks & ladder diagrams

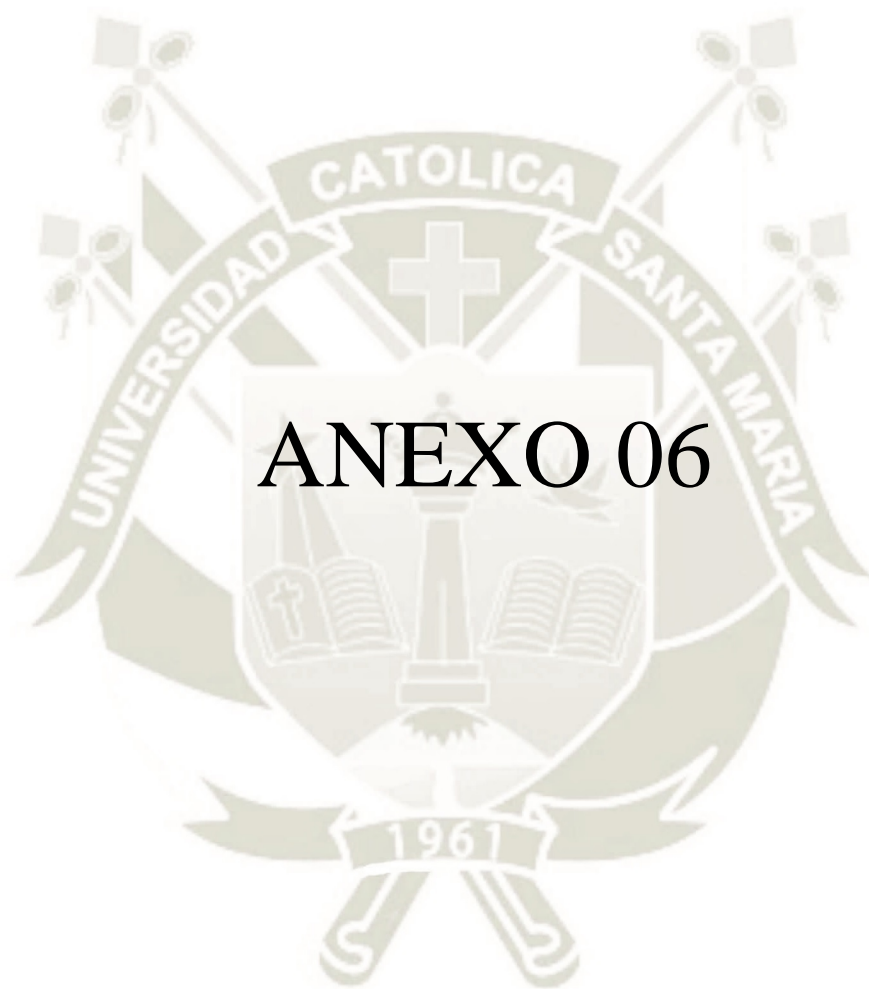


GE Energy
3800 North Wilson Avenue
Loveland, CO 80538 USA
+1-970-461-5201 / 800-835-5182

www.gepower.com/controlsystems

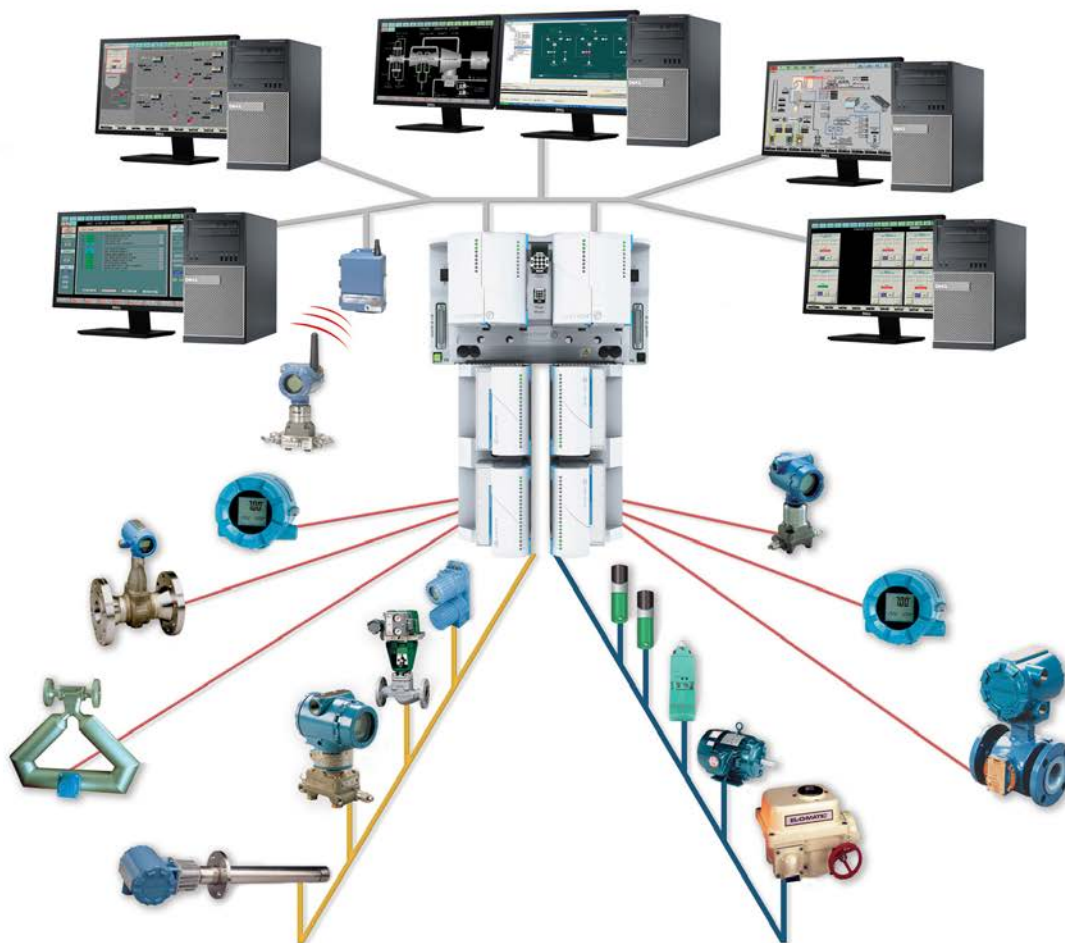
* Microsoft and Windows are trademarks of Microsoft Corporation.
** SIMPLICITY is a trademark of GE Fanuc Automation North America, Inc.
*** ToolboxST is a trademark of the General Electric Company.

GEA-13928 Rev NC (11/2006)



ANEXO 06

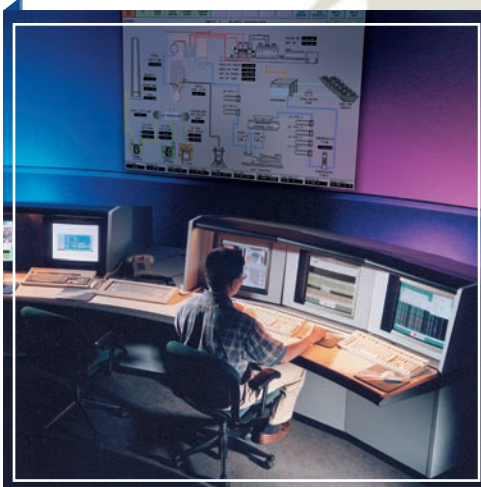
Advanced technology for secure operations and best-in-class performance



Ovation

Precise Control

A key component of Emerson's digital architecture, the Ovation™ distributed control and SCADA system gives users higher levels of plant availability, reliability and environmental compliance. Optimized for the global power generation and water/wastewater industries, Ovation embodies Emerson's five decades of unsurpassed expertise in the control and management of these complex operations.



GAINING A COMPETITIVE ADVANTAGE

The Ovation system was designed from the ground up to help you achieve operational excellence and create a sustainable competitive advantage.

Ovation's field-proven control design techniques developed over the last five decades provide tighter, more precise and predictable control while a host of advanced control and process optimization software allows you to further enhance operations by automatically balancing the process for the optimum results.

From basic control and monitoring to fleet or district-wide integration, Ovation offers seamless communication with fieldbus networks, intelligent field devices and integrated asset management solutions to deliver the power of predictive intelligence to operations and management personnel.

KEEP PACE WITH THE LATEST TECHNOLOGY

By incorporating commercial off-the-shelf technology throughout the system, Ovation provides a powerful yet adaptable platform that gives you greater operational flexibility than other systems while also protecting your engineering investment by allowing you to continually modify and expand the system to meet new challenges.

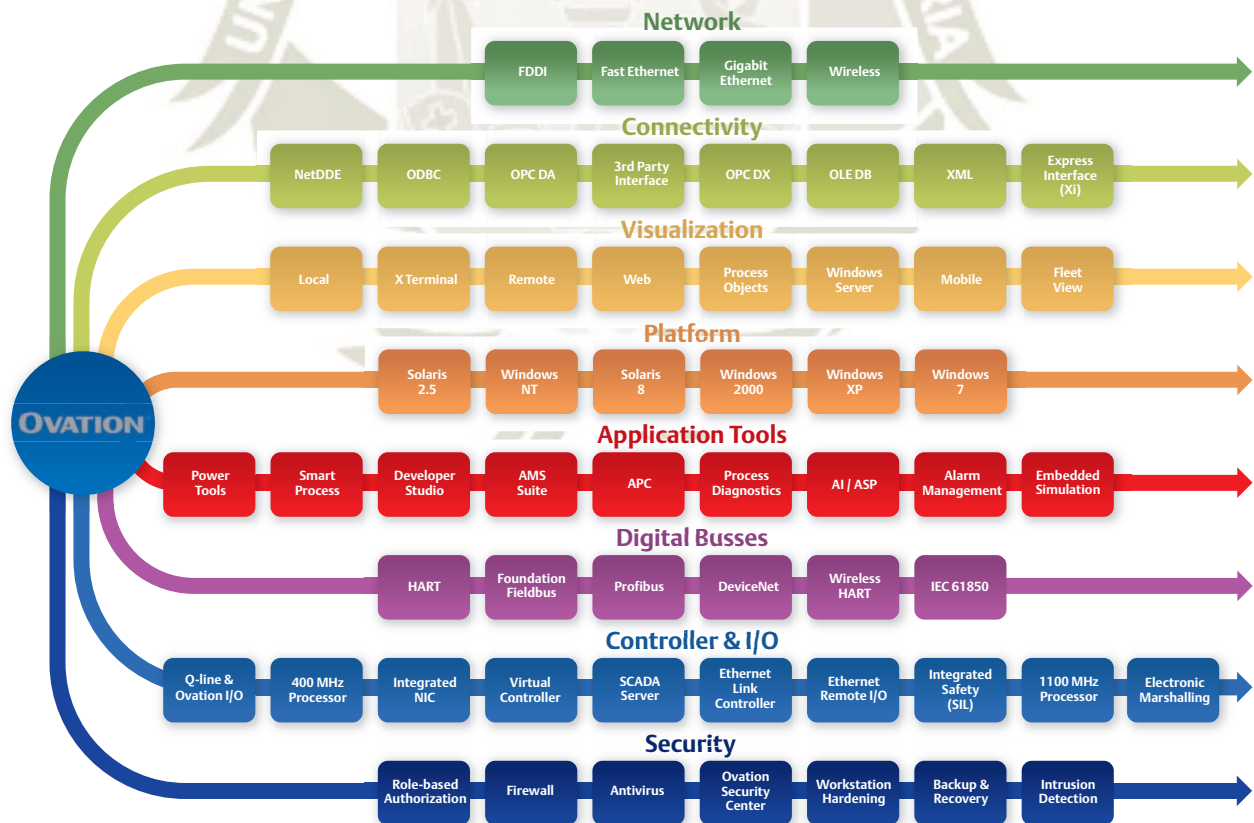
This means your Ovation system can evolve incrementally as your process grows or as technology progresses. Ovation eliminates fears of rapid system obsolescence by allowing you to stay current with state-of-the-art developments in communications, processing and advanced applications.

Increased Reliability

THE OVATION EVOLUTION

Built using industry standard hardware platforms, operating systems and network architectures, the Ovation system stays new in the face of rapidly advancing computing technology.

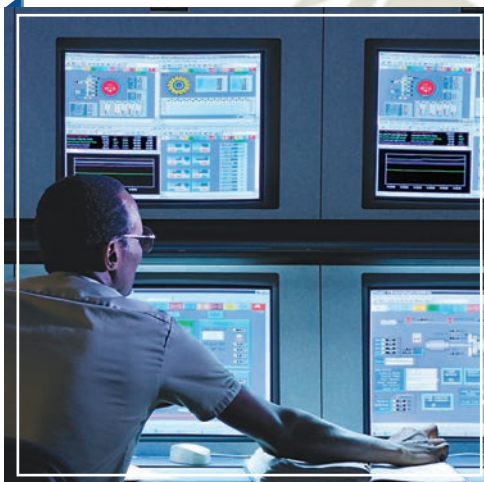
Ovation reduces maintenance costs and preserves your investment by incorporating industry-standard components as opposed to the proprietary structures of the other systems. Over time, your Ovation hardware can evolve incrementally, incorporating new operating systems, hardware platforms and network topologies while preserving your vital engineering investment in control logic, graphics and operator training.



Ovation

Leading Performance

The Ovation system is optimized to meet the unique needs of the power generation and water/wastewater industries. More than five decades of Emerson experience covering thousands of power generation and water treatment projects allowed us to tailor the Ovation system exclusively for these demanding processes.



Ovation includes embedded applications such as fully coordinated boiler/turbine control, emissions monitoring, economic dispatch and fleet management for power projects. For water, wastewater and renewable applications, Ovation incorporates a SCADA interface for wide-area monitoring and control, seamless PLC integration and comprehensive diagnostics programs.

Coupled with Emerson's digital architecture, the Ovation system provides powerful technology for secure operations and best-in-class performance.

TIGHTER, MORE RELIABLE CONTROL

The Ovation system is renowned for delivering precision control with outstanding performance. That precision begins with the **Ovation controller**. With an Intel-based processor at its heart, the Ovation controller provides full-redundancy to assure the reliability and security necessary for even the most demanding application.

In addition to a comprehensive set of over 100 standard algorithms, Ovation also provides the ability to embed advanced control algorithms that leverage the ever expanding computing power of the Ovation controller. This capability allows you to take control to a higher level by incorporating model predictive control and industry specific advanced applications to reduce process variability and optimize performance over the full range of plant operating conditions.

Ovation also provides seamless integration with intelligent field devices and widely adopted bus standards such as HART, FOUNDATION Fieldbus, Profibus DP and DeviceNet.

Using the rich data provided by 'smart' devices, Ovation's native application of Emerson's **AMS Suite: Intelligent Device Manager** allows you to implement a predictive maintenance program that continually analyzes device health, identifying problems before they impact the process while avoiding costly and unnecessary maintenance on healthy devices.

OVIATION SYSTEM ALERTS

Ovation alerts generate alarms notifying you of performance issues in field devices. **Ovation system alerts** include **advisory alerts** to assist in maintenance planning, **maintenance alerts** that indicate that immediate maintenance is required, and **failure alerts** that indicate a device has failed, allowing plant operators to react accordingly.

CLEAR, CONCISE OPERATIONS

Providing plant operators with a clear, concise, easy to navigate window to the process is vital to successful operations. The **Ovation operator workstation** accomplishes that mission with crisp, high-resolution process graphics, built-in trending data, advanced system diagnostics displays, user-friendly help screens and a sophisticated alarm

management and analysis package that prioritizes alarms to quickly isolate and address problems.

INTUITIVE PROGRAMMING TOOLS

The **Ovation engineer workstation** provides an intuitive, easy to use graphical interface that allows your personnel to focus on the plant or control process at hand, rather than the base program. It combines all of the functions of the operator workstation with the tools needed to create, configure and maintain Ovation control logic, graphics, point records and system-wide configurations, including security.

The engineer workstation's **Developer Studio** is a graphical menu-driven interface using standard drag and drop functionality to easily move or copy elements from one application to another. The object-oriented approach to system configuration provides a familiar operating environment, thus reducing the learning curve, simplifying development and ultimately saving significant engineering effort.

LEVERAGING THE POWER OF INFORMATION

Ovation offers a host of capabilities that fully integrate field devices, third-party systems and corporate networks, providing accurate process information when and where it is needed.

The **Ovation network** is an unaltered fast Ethernet that serves as both a control and information highway providing easy connectivity to virtually any Ethernet enabled device. Ovation also offers a multi-network capability allowing you to integrate multiple Ovation systems both within an individual plant site, or throughout a number of geographically disperse sites, streamlining the collection and correlation of information from various units.

The **Ovation Process Historian** collects and organizes the vast amount of process data from the system making it available via the Ovation network to operators, engineers, maintenance personnel and plant management. The Process Historian is designed for interfacing with business databases and spreadsheet applications allowing raw process data to be easily converted to valuable information.

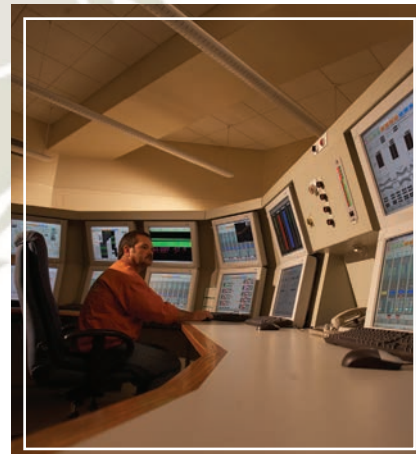
CONNECTIVITY

The Ovation system also includes direct connectivity to PLCs and OEM control systems. Ovation incorporates many standard data exchange protocols such as OPC and its predecessors, NetDDE and ODBC. EDST™ offers a web viewer for remote visualization of real-time process graphics.

OVATION SECURITY FEATURES

The Ovation system addresses security concerns such as machine authentication, password management, workstation hardening and disabling prohibited activities. Antivirus software solutions complement Emerson's existing cyber-security measures allowing deployment of regularly updated virus definitions.

The **Ovation Security Center** offers additional security functions and services that have the ability to enhance and manage the cyber security of an Ovation system.



Fast,
Powerful,
Flexible

Ovation

DCS & SCADA

The Ovation system is a product of our five decades of experience in process control for the power generation and water/wastewater industries. Ovation utilizes commercially available, off-the-shelf technology to provide a powerful and secure architecture while allowing your system to easily progress with rapidly advancing computer technologies. It provides a seamless interface with the most widely adopted bus-standards allowing you to incorporate smart device technologies into your process. And Ovation's embedded advanced algorithms and proven industry-specific control routines assure that you can optimize your operations to maximize efficiency, productivity and profitability.

OPERATORS WORKSTATION
Off-the-shelf desktop PC workstations with a standard Windows® operating system

**AMS SUITE: INTELLIGENT
DEVICE MANAGER**

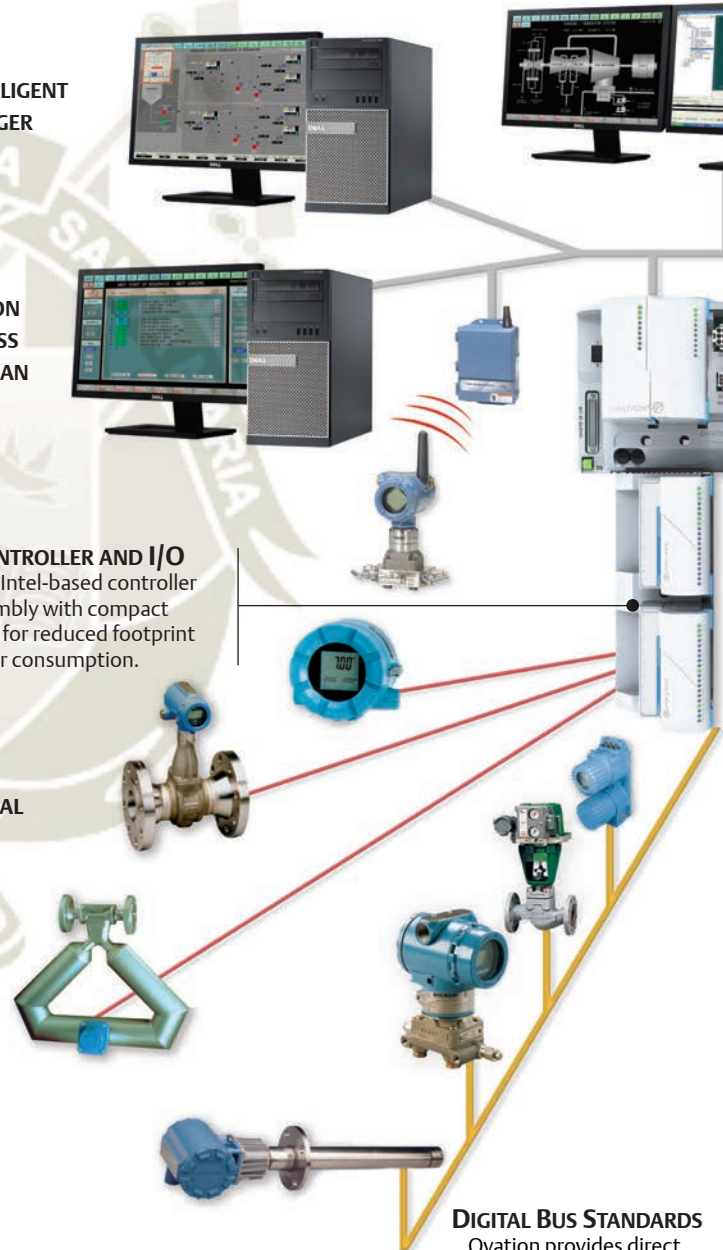
**OVIATION
PROCESS
HISTORIAN**

OVIATION CONTROLLER AND I/O
Fully redundant Intel-based controller and I/O assembly with compact modular design for reduced footprint and power consumption.

**CONVENTIONAL
4-20 MA**

**FOUNDATION
FIELDBUS**

DIGITAL BUS STANDARDS
Ovation provides direct, seamless access to the most widely adopted digital device communication standards: HART, FOUNDATION Fieldbus, Profibus, DeviceNet



FAST ETHERNET

An unaltered fast Ethernet control & information network



**OVATION
SCADA MASTER**

**OVATION ENGINEER
WORKSTATION/
DEVELOPER STUDIO**



EMBEDDED APPLICATIONS

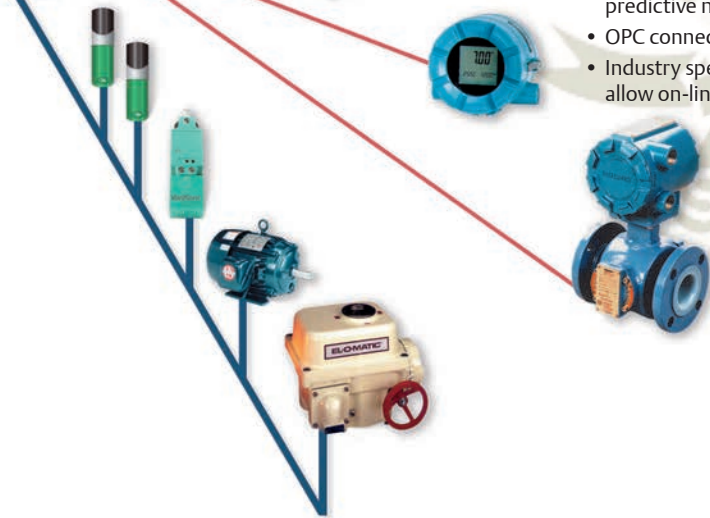
Ovation incorporates a host of applications to speed system engineering and maintenance, provide advanced diagnostics, facilitate communications and optimize process operations.

- Easy-to-use control builder
- Highly flexible graphics builder
- Embedded security builder
- AMS Suite: Intelligent device manager for predictive maintenance
- OPC connectivity to business systems
- Industry specific advanced control algorithms to allow on-line process optimization

HART



PROFIBUS/DEVICENET



Widely adopted commercial technologies are the fundamental building blocks of the Ovation system. By incorporating these technologies Ovation provides an easy to use, easy to maintain system architecture that allows you to modify, expand and evolve the system as your needs change or as other, more advanced technologies are introduced.

Designed for your
unique needs
and applications

Ovation

Powers Digital Architecture

As a key component in Emerson's digital architecture, Ovation offers a growing and unequalled array of fully integrated products and capabilities to help you gain and maintain a competitive advantage for many years to come.

Emerson's digital architecture is an automation solution that delivers asset management, process control and management execution through intelligent field devices, industry standard platforms and integrated modular software. It provides seamless connection to widely adopted digital 'smart' device communication protocols including HART, Foundation fieldbus, Profibus DP and DeviceNet.

by boosting plant availability, capacity and response while reducing operations and maintenance costs through the life of the plant.

LEVERAGING DIGITAL INTELLIGENCE

The Ovation digital plant architecture begins with a strong foundation of intelligent field devices from industry leaders such as Fisher and Rosemount. With their digital capabilities — including onboard microprocessors, embedded software and open-standard communications — these field devices can:

- Deliver precise measurement and control to reduce process variability
- Handle multiple variables to reduce the number of devices required
- Perform diagnostics to monitor device health, predict problems and avoid downtime

NEW PROJECT BENEFITS

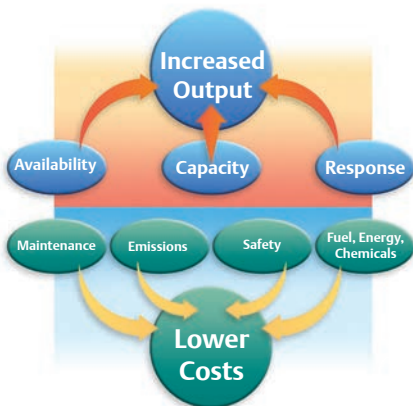
An Ovation architecture can reduce project installation costs over 36% through significant savings in wiring and conduit requirements, reduced engineering expense during system configuration and commissioning and earlier, more trouble-free plant startup. In fact, an independent study showed that on a new 2 x 1 combined cycle plant, the implementation of Ovation architecture can result in \$7 million of savings in equipment, engineering and construction costs, plus a six week reduction in startup schedule.

CONNECTING YOUR PLANT

Ovation's digital architecture uses open communication standards to link field intelligence, systems and applications in a plant wide network that delivers information when and where it's needed. Open, industry-proven communication

OPERATIONAL AND MAINTENANCE BENEFITS

These standard platforms have been field-proven in hundreds of applications to improve plant efficiency by as much as 2%



Increased output. Lower costs. With Ovation, you can have both.

standards let you select the best components to meet your needs, integrate them with other plant and business systems and add more products or capabilities in the future.

Besides supporting popular protocols from fast Ethernet to DeviceNet, Profibus DP, and Modbus protocols, the architecture provides a single, integrated environment that delivers the full capabilities of HART, FOUNDATION fieldbus and OPC.

From fully coordinated boiler-turbine control to wide area SCADA controls, Ovation controls are successfully employed in thousands of applications. Ovation also features fully automatic startup/shutdown sequencing, intelligent alarm management and automated loop tuning to align the process with current plant conditions.

ADVANCED CONTROLS

A wide variety of advanced Ovation control software incorporating model predictive control and other tools, are available to meet the specific control challenges of power generation and water/wastewater facilities.

Advanced control solutions are available for environmental compliance to support NO_x, SO₂ and CO₂ reduction and process efficiency including pump sequencing, combustion optimization, energy management and chemical usage optimization.

Other available Ovation advanced control packages include sootblower, SCR and FGD optimization, steam temperature optimization, and fleet emissions optimization.

OVATION SIMULATION

Emerson offers Ovation simulation solutions using virtual technology that faithfully replicates the Ovation DCS within a simulator configuration by using a few desktop workstations. This approach reduces hardware costs and footprint, allows easy portability for use throughout the facility, and greatly simplifies ongoing simulator maintenance and upgrades to track ongoing control system modifications.

Ovation simulation is a valuable and flexible tool to improve plant operations. Typical applications include DCS validation prior to its installation, operator training programs, engineering upgrades, and control changes to improve plant performance.

Ovation's field-proven control applications design techniques developed over five decades of experience in the power generation and water/wastewater industries provide tighter, more precise and predictable control.



Fully
integrated
products

Ovation Services

Behind every Ovation system stands an array of service and support capabilities to ensure your system provides the utmost in performance and reliability.



COMPREHENSIVE SUPPORT FOR THE LIFE OF THE SYSTEM

That support begins with our customer training programs. Conducted by experienced engineers at your facility or ours, our training programs provide your operators, engineers and technicians with the knowledge and skills they need to effectively operate and maintain your systems. Our training programs are tailored for your needs and can include custom-designed plant simulators that employ the same software and graphics used on the actual system.

We also understand the pressures to minimize plant staffs while maximizing plant performance. With that understanding, we have structured our service and support programs to provide the flexibility and responsiveness necessary to meet your needs.

Our SureService™ program allows you to customize a service and support program to meet your

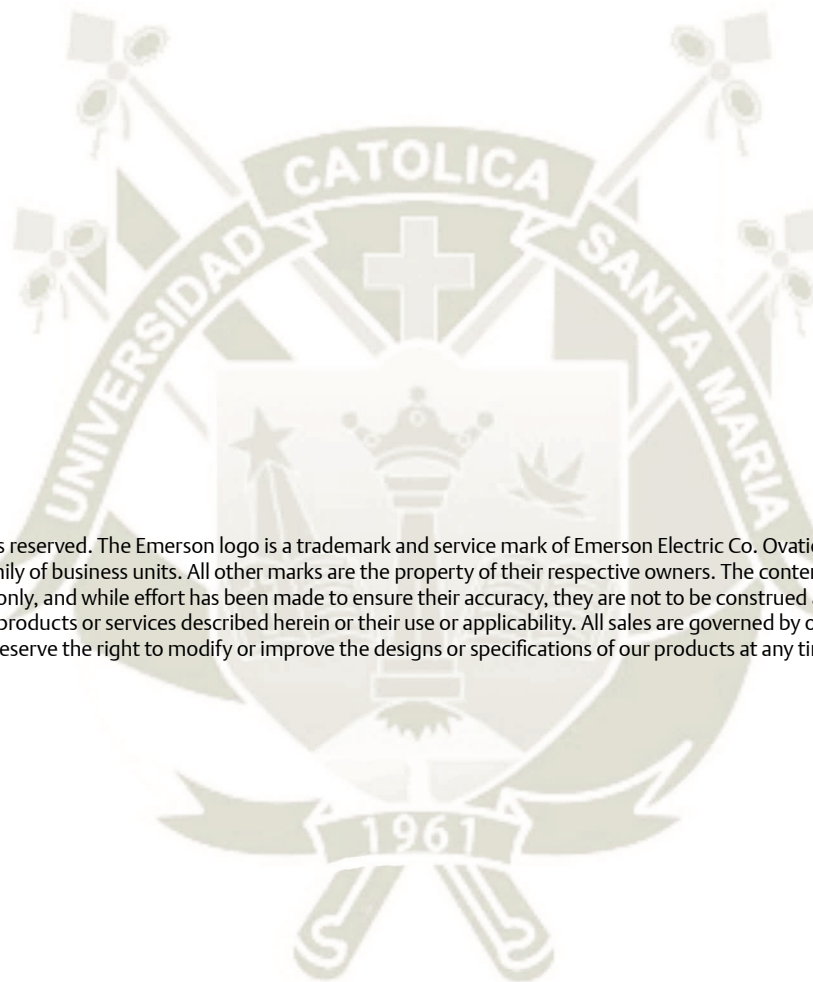
specific needs. SureService includes 24-hour telephone support, remote systems diagnostics, software updates, antivirus updates, scheduled on-site visits, emergency service calls, and coverage for critical components. Packages can also include training programs as “refresher” courses for experienced personnel or introductory courses for new personnel. We also offer periodic audits and assessments of system configuration based on process requirements to identify opportunities for improvement.

As an additional service, our secure, internet-based program provides off-site archiving of system software, online tutoring programs, remote system diagnostics and custom application enhancements to increase the efficiency of your control software.

And our unique SureService Evergreen program is designed to provide scheduled, periodic hardware and software upgrades to keep your Ovation system current with rapidly advancing technology.

Unparalleled service and support

EMERSON. CONSIDER IT SOLVED.™



©2017 Emerson. All rights reserved. The Emerson logo is a trademark and service mark of Emerson Electric Co. Ovation™ is a mark of one of the Emerson Automation Solutions family of business units. All other marks are the property of their respective owners. The contents of this publication are presented for information purposes only, and while effort has been made to ensure their accuracy, they are not to be construed as warranties or guarantees, express or implied, regarding the products or services described herein or their use or applicability. All sales are governed by our terms and conditions, which are available on request. We reserve the right to modify or improve the designs or specifications of our products at any time without notice.

www.Emerson.com

**Emerson Automation Solutions
Power & Water**

200 Beta Drive
Pittsburgh, PA 15238
USA
T: 1-800-445-9723
T: 1-412-963-4000
F: 1-412-963-3644

Emerson Automation Solutions

1 Pandan Crescent
Singapore 128461

T: (65) 6777-8211
F: (65) 6770-8015

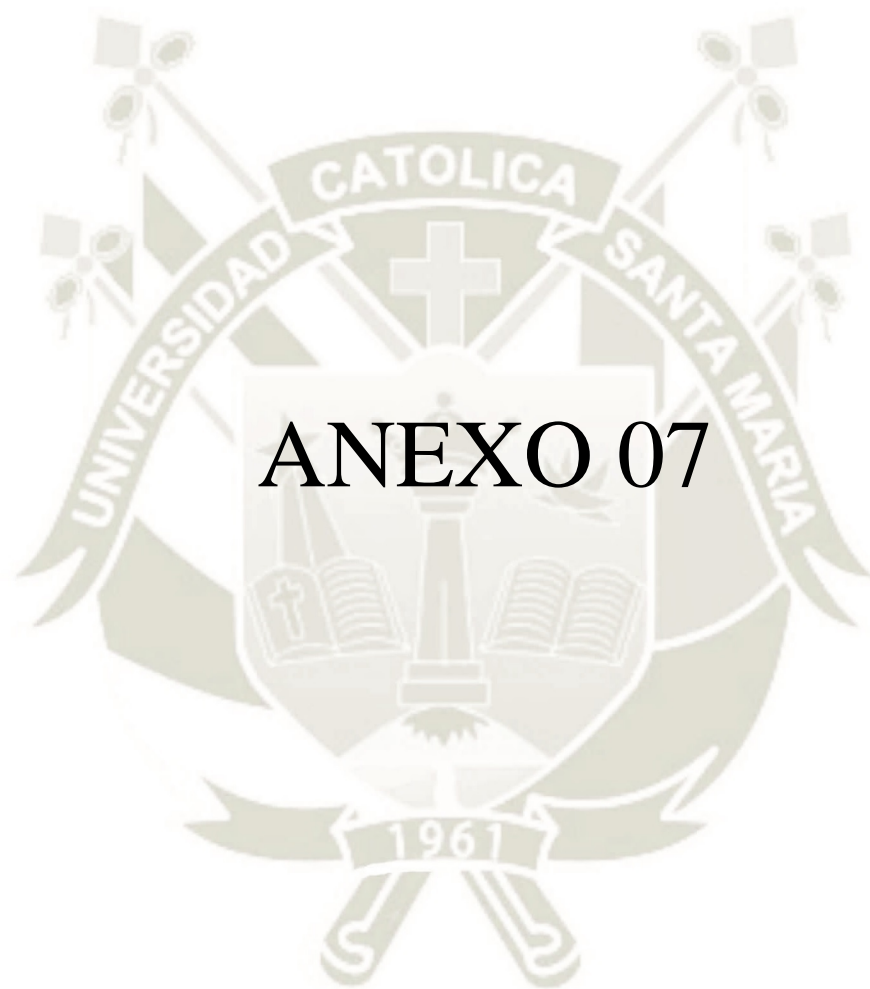
**Emerson Automation Solutions
Power and Water Solutions Sp. z o.o.**

Szturmowa 2A
02-678 Warszawa
Poland

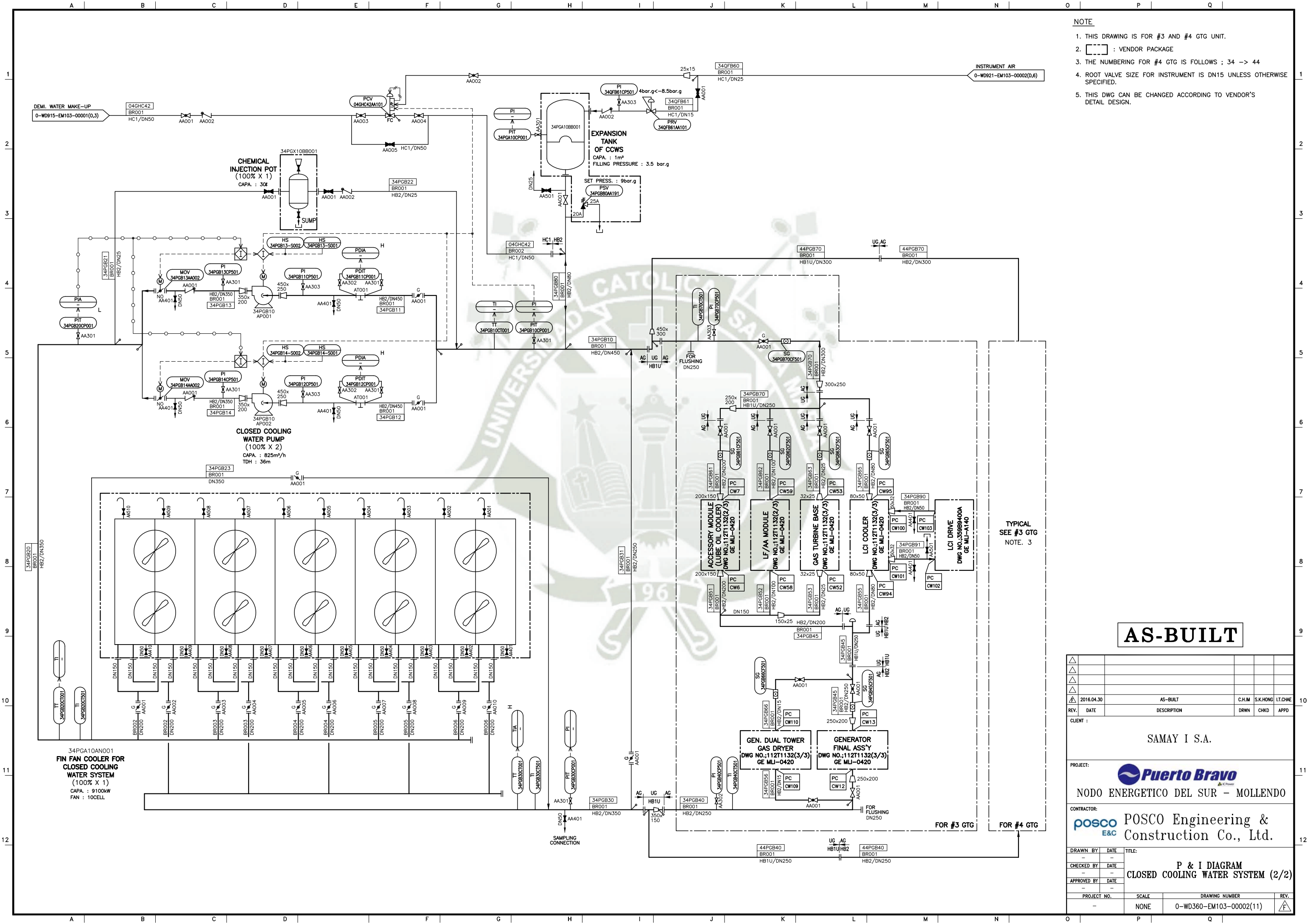
T: +48 22 45 89 100/101
F: +48 22 45 89 146

PWS_002856 R11
05/17





ANEXO 07

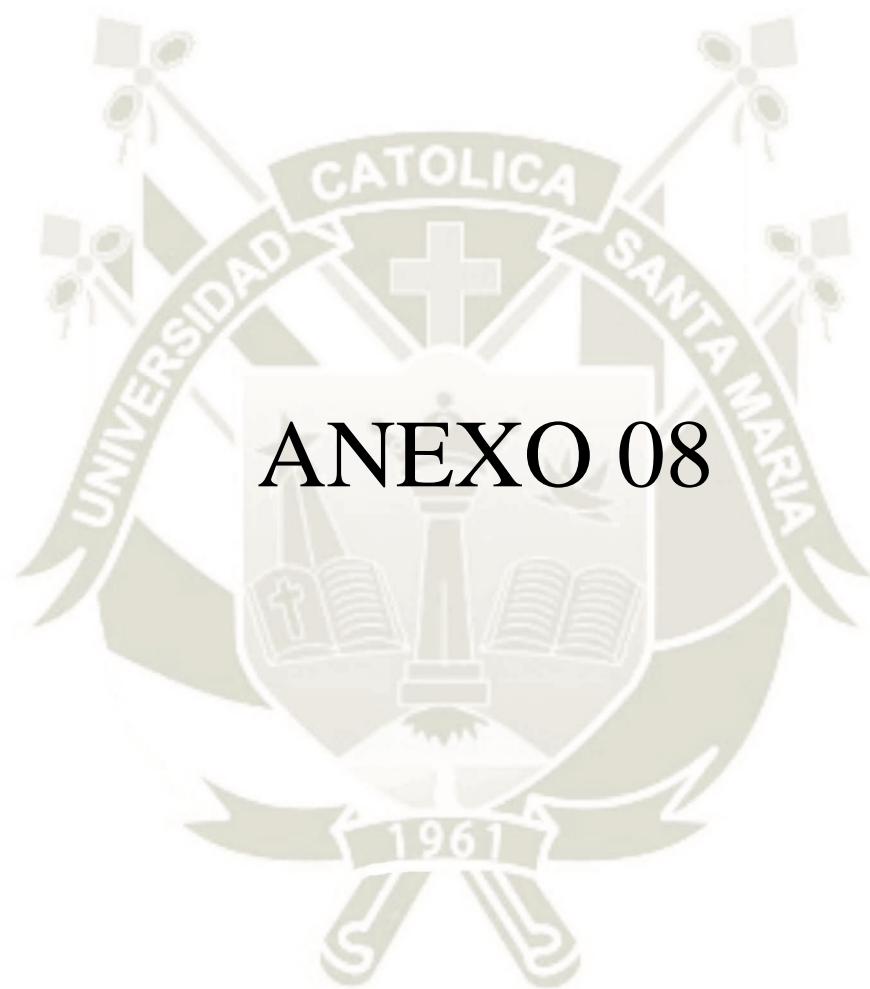


- NOTE**
- THIS DRAWING IS FOR #3 AND #4 GTG UNIT.
 - [Symbol] : VENDOR PACKAGE
 - THE NUMBERING FOR #4 GTG IS FOLLOWS ; 34 -> 44
 - ROOT VALVE SIZE FOR INSTRUMENT IS DN15 UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
 - THIS DWG CAN BE CHANGED ACCORDING TO VENDOR'S DETAIL DESIGN.

TYPICAL
SEE #3 GTG
NOTE. 3

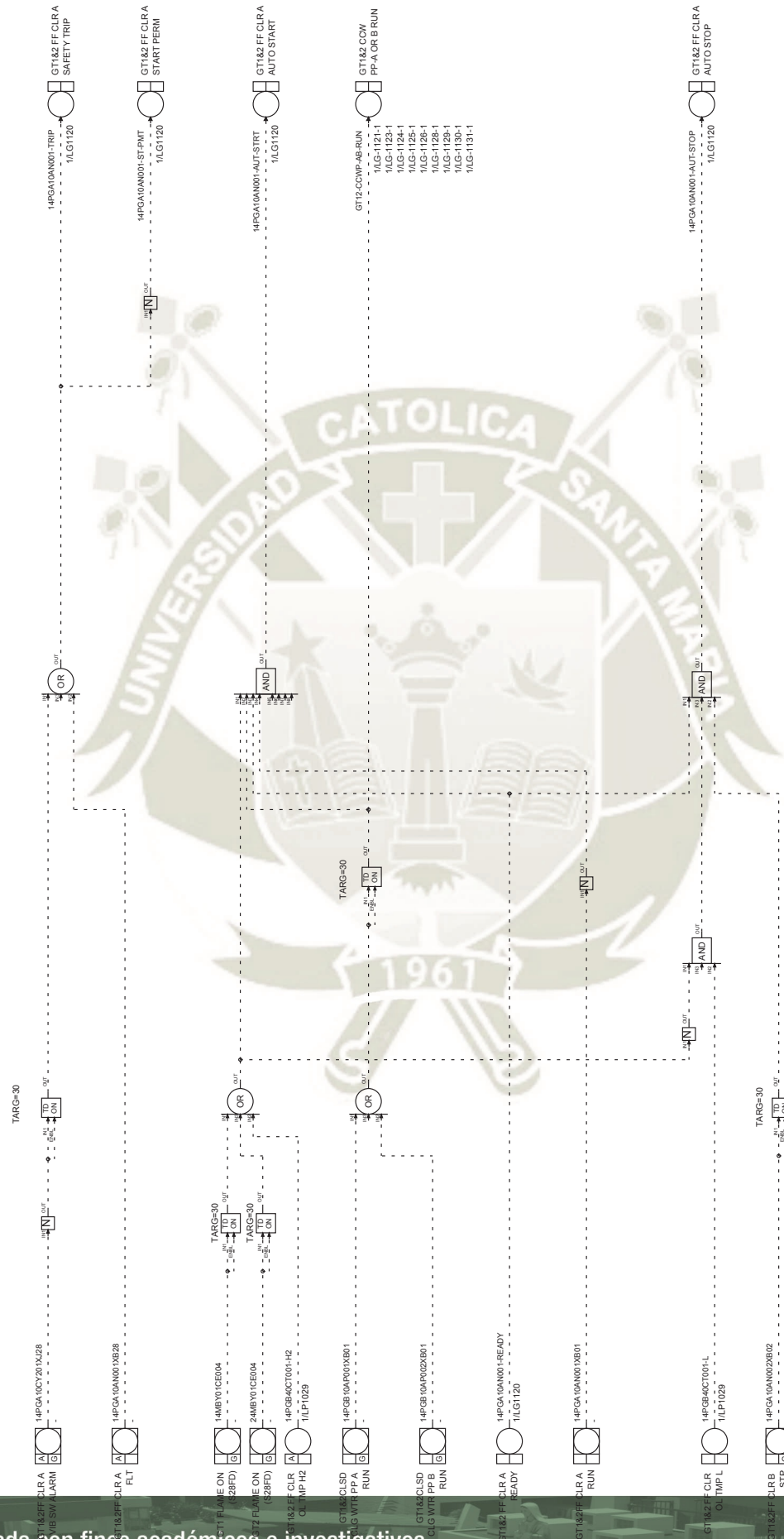
AS-BUILT

△					
△					
△					
△					
△	2016.04.30	AS-BUILT	C.H.M	S.K.HONG	L.T.CHE
REV.	DATE	DESCRIPTION	DRWN	CHKD	APPD
CLIENT : SAMAY I S.A.					
PROJECT : NODO ENERGETICO DEL SUR - MOLLENDO					
CONTRACTOR : POSCO Engineering & Construction Co., Ltd.					
DRAWN BY	DATE	TITLE :			
CHECKED BY	DATE	P & I DIAGRAM			
APPROVED BY	DATE	CLOSED COOLING WATER SYSTEM (2/2)			
PROJECT NO.	SCALE	DRAWING NUMBER	REV.		
-	NONE	0-WD360-EM103-00002(11)	△		



ANEXO 08

ANEXO 09



PUERTO BRAVO POWER PLANT PROJECT

GT1&2 FIN FAN COOLER-A INTERLOCK

Drawing Number	Drop	Task
GT1	1	3

Approved: Daehae Cho
Engineer

EMERSON PROCESS MANAGEMENT

THIS DOCUMENT CONTAINS INFORMATION PROPRIETARY TO EMERSON PROCESS MANAGEMENT. IT IS THE PROPERTY OF EMERSON PROCESS MANAGEMENT AND TRUST IS TO BE USED BY YOU SOLELY FOR THE PURPOSES FOR WHICH IT IS FURNISHED AND IS TO BE RETURNED UPON REQUEST. THIS DOCUMENT AND ANY OTHER INFORMATION PROVIDED TO YOU IS NOT TO BE REPRODUCED, TRANSMITTED, DISCLOSED, OR USED OTHERWISE IN WHOLE OR IN PART WITHOUT THE PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION OF EMERSON PROCESS MANAGEMENT POWER & WATER SOLUTIONS, INC.



PUERTO BRAVO POWER PLANT PROJECT

GT1&2 CLOSED COOLING WATER SYSTEM(2/2)

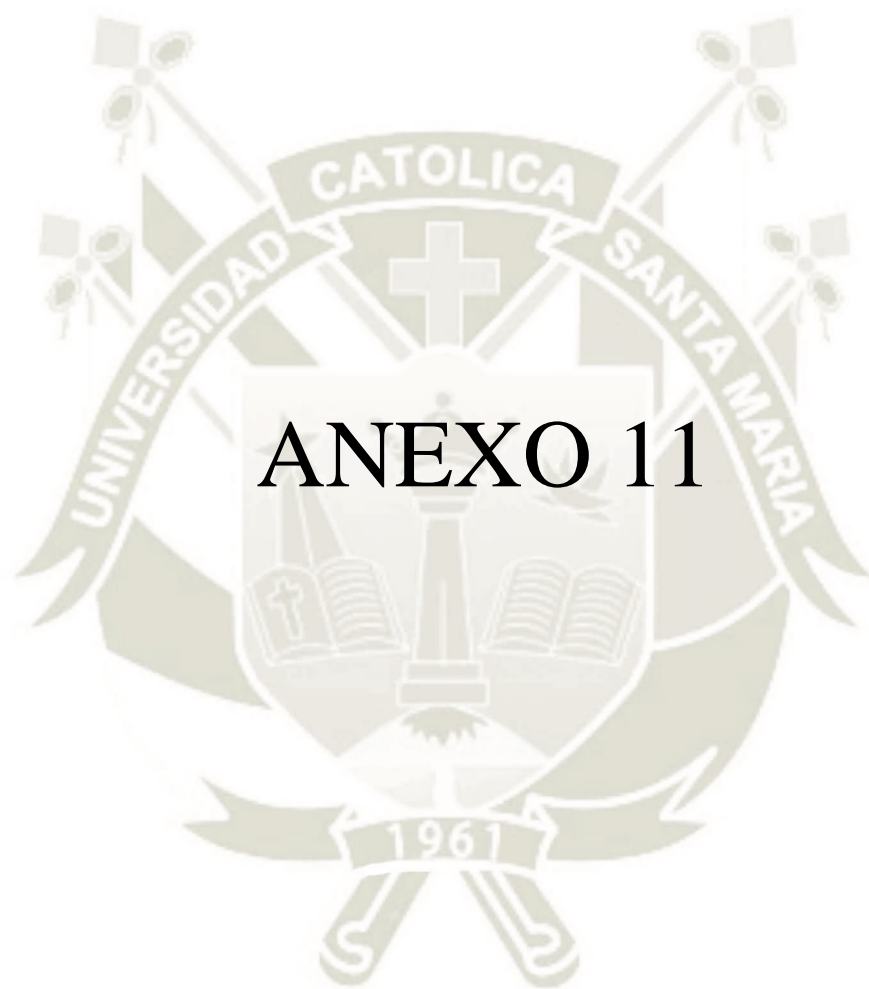
Sheet	Drop	Drawing Number
1	1	GT1-1
4		

Engineer: Daehae Cho Approved

EMERSON PROCESS MANAGEMENT

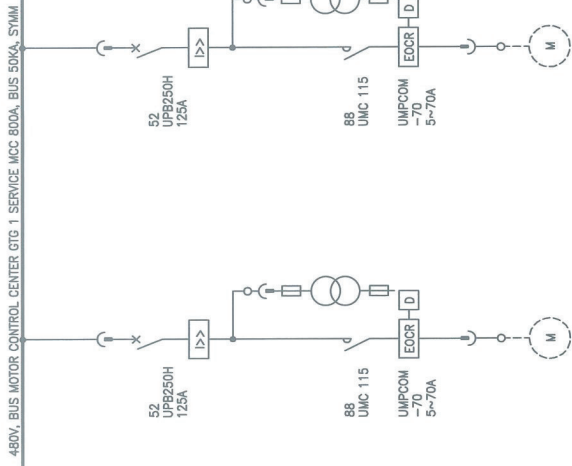
THIS DOCUMENT CONTAINS INFORMATION PROPRIETARY TO EMERSON PROCESS MANAGEMENT. IT IS THE PROPERTY OF EMERSON PROCESS MANAGEMENT AND TRUST IS TO BE USED BY YOU SOLELY FOR THE PURPOSES FOR WHICH IT IS FURNISHED AND IS TO BE RETURNED UPON REQUEST. THIS DOCUMENT AND ANY OTHER INFORMATION PROVIDED TO YOU IS NOT TO BE REPRODUCED, TRANSMITTED, DISCLOSED, OR USED OTHERWISE IN WHOLE OR IN PART WITHOUT THE PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION OF EMERSON PROCESS MANAGEMENT POWER & WATER SOLUTIONS, INC.

ANEXO 10



ANEXO 11

FROM PREVIOUS PAGE TO NEXT PAGE

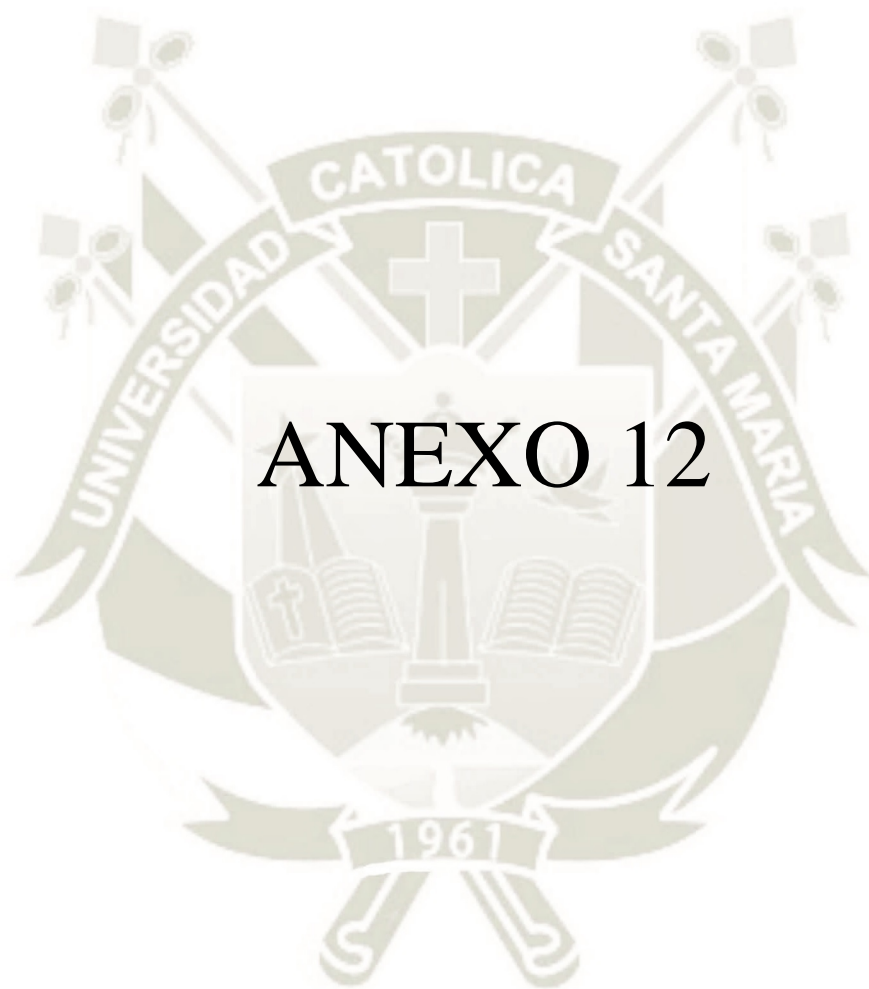


FEEDER NO.	NO.	01BJA-AF3-01	01BJA-AF3-02	01BJA-AF3-03	01BJA-AF3-04
CONSUMER	KW				
	A				
CABLE SQ. (HH)	mm ²				
CABLE SQ. (OWNER)	mm ²				
TYPICAL DWG. NO.	NO.	S	S	M2	M2
CABLE CLAMP					
UNIT	MOD	2.5	2.5	2.5	2.5
KKS NO.	NO.	SPACE	SPACE	01BJA04	01BJA05
NAME PLATE, TYPE "A"				GTG 1&2 FIN FAN COOLER-3	GTG 1&2 FIN FAN COOLER-4

AS BUILT

PROJECT	SAMAY I S.A.	
CONTRACTOR	NODO ENERGETICO DEL SUR - MOLLENDO	
OWNER	POSCO Engineering & Construction Co., Ltd.	
DATE	REV.	DESCRIPTION
14/01/2011	1	MANUFACTURING
14/01/2011	2	MANUFACTURING
14/01/2011	3	MANUFACTURING
14/01/2011	4	MANUFACTURING
14/01/2011	5	MANUFACTURING
14/01/2011	6	MANUFACTURING
14/01/2011	7	MANUFACTURING
14/01/2011	8	MANUFACTURING
14/01/2011	9	MANUFACTURING
14/01/2011	10	MANUFACTURING
14/01/2011	11	MANUFACTURING
14/01/2011	12	MANUFACTURING
14/01/2011	13	MANUFACTURING
14/01/2011	14	MANUFACTURING
14/01/2011	15	MANUFACTURING
14/01/2011	16	MANUFACTURING
14/01/2011	17	MANUFACTURING
14/01/2011	18	MANUFACTURING
14/01/2011	19	MANUFACTURING
14/01/2011	20	MANUFACTURING
14/01/2011	21	MANUFACTURING
14/01/2011	22	MANUFACTURING
14/01/2011	23	MANUFACTURING
14/01/2011	24	MANUFACTURING
14/01/2011	25	MANUFACTURING
14/01/2011	26	MANUFACTURING
14/01/2011	27	MANUFACTURING
14/01/2011	28	MANUFACTURING
14/01/2011	29	MANUFACTURING
14/01/2011	30	MANUFACTURING
14/01/2011	31	MANUFACTURING
14/01/2011	32	MANUFACTURING
14/01/2011	33	MANUFACTURING
14/01/2011	34	MANUFACTURING
14/01/2011	35	MANUFACTURING
14/01/2011	36	MANUFACTURING
14/01/2011	37	MANUFACTURING
14/01/2011	38	MANUFACTURING
14/01/2011	39	MANUFACTURING
14/01/2011	40	MANUFACTURING
14/01/2011	41	MANUFACTURING
14/01/2011	42	MANUFACTURING
14/01/2011	43	MANUFACTURING
14/01/2011	44	MANUFACTURING
14/01/2011	45	MANUFACTURING
14/01/2011	46	MANUFACTURING
14/01/2011	47	MANUFACTURING
14/01/2011	48	MANUFACTURING
14/01/2011	49	MANUFACTURING
14/01/2011	50	MANUFACTURING
14/01/2011	51	MANUFACTURING
14/01/2011	52	MANUFACTURING
14/01/2011	53	MANUFACTURING
14/01/2011	54	MANUFACTURING
14/01/2011	55	MANUFACTURING
14/01/2011	56	MANUFACTURING
14/01/2011	57	MANUFACTURING
14/01/2011	58	MANUFACTURING
14/01/2011	59	MANUFACTURING
14/01/2011	60	MANUFACTURING
14/01/2011	61	MANUFACTURING
14/01/2011	62	MANUFACTURING
14/01/2011	63	MANUFACTURING
14/01/2011	64	MANUFACTURING
14/01/2011	65	MANUFACTURING
14/01/2011	66	MANUFACTURING
14/01/2011	67	MANUFACTURING
14/01/2011	68	MANUFACTURING
14/01/2011	69	MANUFACTURING
14/01/2011	70	MANUFACTURING
14/01/2011	71	MANUFACTURING
14/01/2011	72	MANUFACTURING
14/01/2011	73	MANUFACTURING
14/01/2011	74	MANUFACTURING
14/01/2011	75	MANUFACTURING
14/01/2011	76	MANUFACTURING
14/01/2011	77	MANUFACTURING
14/01/2011	78	MANUFACTURING
14/01/2011	79	MANUFACTURING
14/01/2011	80	MANUFACTURING
14/01/2011	81	MANUFACTURING
14/01/2011	82	MANUFACTURING
14/01/2011	83	MANUFACTURING
14/01/2011	84	MANUFACTURING
14/01/2011	85	MANUFACTURING
14/01/2011	86	MANUFACTURING
14/01/2011	87	MANUFACTURING
14/01/2011	88	MANUFACTURING
14/01/2011	89	MANUFACTURING
14/01/2011	90	MANUFACTURING
14/01/2011	91	MANUFACTURING
14/01/2011	92	MANUFACTURING
14/01/2011	93	MANUFACTURING
14/01/2011	94	MANUFACTURING
14/01/2011	95	MANUFACTURING
14/01/2011	96	MANUFACTURING
14/01/2011	97	MANUFACTURING
14/01/2011	98	MANUFACTURING
14/01/2011	99	MANUFACTURING
14/01/2011	100	MANUFACTURING

SINGLE LINE DIAGRAM FOR
480V GTG 1 SERVICE MCC



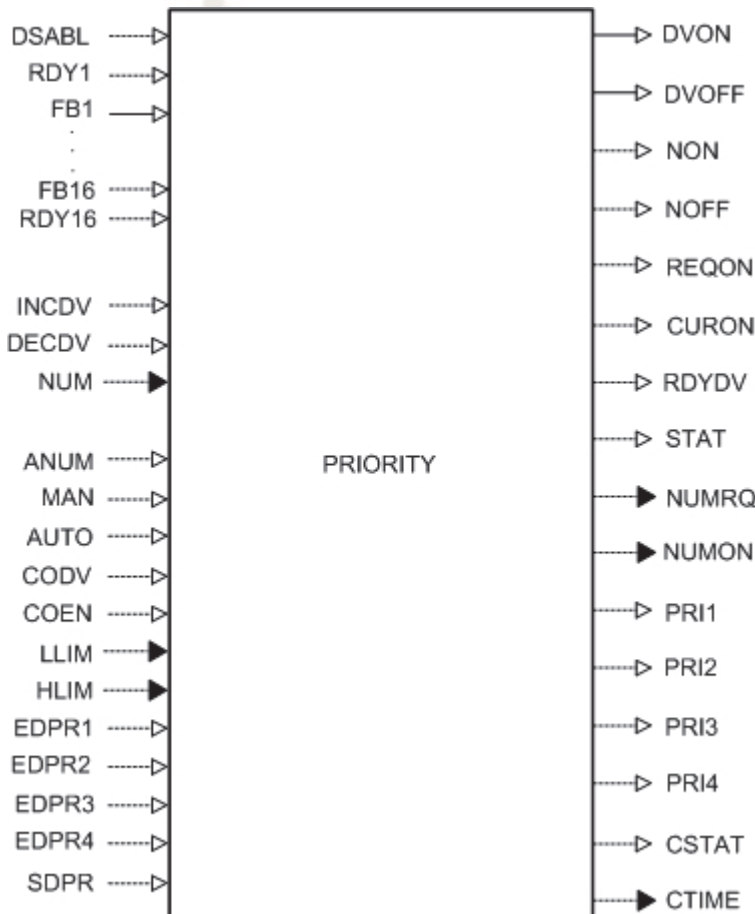
ANEXO 12

5.80.1 PRIORITY

Description

The purpose of this algorithm is to consolidate complex logic to perform priority-based sequencing when turning devices ON and OFF. The PRIORITY algorithm allows the user to attach up to 16 devices and control these devices by turning them on or off based on a set of priorities configured by the user.

Functional Symbol



Operation

The device status is determined from the feedback inputs (FBx) and the ready for control inputs (RDYx). An FBx input is the ON/OFF status of a device (1 = ON, 0 = OFF). A RDYx input indicates if the device is available for control (1 = ready, 0 = not ready).

The following describes the rules of operation:

- A device can be switched ON only when the device is OFF and ready (FBx = 0 and RDYx = 1).
- A device can be switched OFF only when the device is ON and ready (FBx = 1 and RDYx = 1).
- If not connected, the RDYx input is considered ON if the corresponding FBx input is connected.
- If not connected, the RDYx input is considered OFF if the corresponding FBx input is also not connected.
- If not connected, the device status FBx input is considered OFF.

Number of devices required (NUMRQ)

The algorithm automatically detects the maximum number of devices available for control. This is calculated by counting the number of devices connected to the FBx pins. At most, 16 individual devices can be controlled by one Priority algorithm. The number of devices currently ON (NUMON) is determined by the active FBx inputs. The user, and/or control logic, determines the number of devices currently required to turn on (NUMRQ). That value is reflected in the NUMRQ output and is determined by the configured limitations and system inputs.

NUMRQ is determined by:

- Minimum/Maximum Required Devices:
The default range of NUMRQ is 0 to the maximum number of devices connected (up to 16). Using Low Limit (LLIM), the value of NUMRQ can be forced to keep a minimum number of devices on. Using High Limit (HLIM), the maximum number of devices allowed to be active can be held less than the number connected, if desired. For example, if LLIM is set to 3 and HLIM is set to 5, then the minimal number of devices active will not fall below 3 and the maximum number of devices active will not exceed 5. If NUMON surpasses either one of these limits, a high or low flag will be set in STAT (status section). If LLIM and HLIM are 0, the algorithm will use its default range (0-16).
 - If LLIM < 0, LLIM will default to 0.
 - If LLIM > 16 or LLIM > HLIM, it will default to the value of HLIM.
 - If HLIM < LLIM, it will default to the value of LLIM.
 - If HLIM > 16, it will default to the maximum number of devices connected.

Note: If LLIM and HLIM are configured via signal diagrams, the fields will only allow a value between 0 - 15 for LLIM and 1 - 16 for HLIM.

- Increment/Decrement with INCDV / DECDV

A pulse into INCDV/DECDV will cause an increase/decrease (respectively) of NUMRQ. The algorithm ensures this number will not drop below or exceed the range of required devices. Holding in both of these inputs will cancel out both commands and holding in either input will Increment/Decrement by only one device.

- Change Several devices with ANUM / NUM

The requested number of devices input (NUM) can override the current number of required devices, but only if it is in a valid range and the activate NUM input (ANUM) is set. The INCDV/DECDV signals will be locked out while the ANUM input is set true.

Commanding Devices ON and OFF

The algorithm commands devices ON and OFF using the Command Device ON (DVON) and Command Device OFF (DVOFF) packed output points, where each of the 16 bits represents the corresponding device. The algorithm calculates when to turn a device ON and OFF based on device priority and NUMRQ. In both the DVON and DVOFF outputs, bits for unconnected devices (FBx) are always OFF.

The algorithm calculates the next device to switch ON or OFF and sets the appropriate bit for these devices in the Next On (NON) and Next Off (NOFF) packed output points. This calculation is based on device priority and whether the appropriate FBx and RDYx pins are set. Both outputs provide an indication of what device would turn on/off next, if the priorities increase/decrease or NUMRQ is changed.

A bit map of the devices the algorithm expects to be ON is displayed in the REQON output.

***Note:** Devices whose RDYx signal is off, but FBx is currently on, will be added to the REQON bit map and to the NUMON value, as well.*

Priority Management

Part of the calculation for turning a device ON or OFF is based on the device priority. Priorities are set by the user using the DPRx fields or EDPRx pins. The priority for each device can be set from 1 to 16 using the DPRx fields, or 0x0 through 0xF using the EDPRx pins, with 1 or 0x0 being the highest priority and 16 or 0xF being the lowest. More than one device can have the same priority, in which case higher priority is given to the lower numbered device. For example, if device 1 and device 13 have the same priority assigned, then device 1 will always be treated as the higher priority.

The PRIORITY algorithm will try to run the highest priority device first, and work its way to the lowest priority device, until the NUMRQ is reached (or there are no more devices ready to activate). For example, if device 1 has a priority of 6 and device 2 has a priority of 3, then device 2 will run before device 1. However, if device 2's RDYx pin is deactivated and device 1's RDYx pin is activated, then device 1 will turn on, even though it has a lower priority.

Priorities can be set in two ways:

- In Automatic Mode:

Priorities can be changed via pins using the external device priority (EDPRx) inputs. Each input contains packed priorities for four devices. Algorithms will only accept external priorities if the submit device priority pin (SDPR) is set.

- In Manual Mode:

Priorities can be changed via fields using the device priority DPRx fields. The algorithm will set the new values, if the user sets the submit device priority SDPR field.

After the algorithm accepts the new priorities, they will be displayed in the CPRx fields. If DPRx is set to any value outside the range of 1 to 16, CPRx will be set to 16, but the algorithm will not change the DPRx fields.

Disabled/Auto/Manual Mode

Selecting between disabled, automatic, and manual modes can be done using the DSABL/AUTO/MAN inputs or the Disable/Auto/Manual buttons.

In disabled mode, the algorithm will only update the status and number of active devices currently on (NUMON) and will accept user priority changes. It will not attempt to turn on devices. In addition, if the rotation mode (RTMOD) parameter is configured as on - ignore disabled (ON_IGN_DSABL), the algorithm will continue to rotate priorities.

In Manual mode, certain algorithm commands are controlled by fields.

In Auto mode, certain algorithm commands are controlled via input pin connections.

The following parameters are affected by AUTO/MAN mode: INCDV, DECDV, NUM, ANUM, CODV, CMAN, CAUTO, SDPR, and EDPRx/DPRx.

In addition, you may configure the algorithm to allow both manual and auto commands at the same time while the algorithm is in auto mode using the manual/auto control (MACTL) parameter. This allows the operator to direct the algorithm via pushbutton, even though the algorithm is in auto.

If more than one of the mode signals is set at the same time, the algorithm will give precedence to Disabled mode, then Manual mode, then Auto mode. For instance, if Manual and Auto are both set at the same time, the algorithm will reject to Manual mode.

Operation Mode

There are three different ways to turn on several different devices. Using the operating mode (OPMOD) parameter, devices can be turned on/off in three different modes: SERIAL, PARALLEL, or serial on, parallel off (S_ON_P_OFF). In serial mode, the devices will be activated or deactivated one at a time, until the NUMRQ and NUMON equal each other. In parallel mode, the algorithm will calculate the difference between NUMRQ and NUMON and attempt to turn on/off that many devices all at once. In serial on, parallel off mode, the algorithm will turn on devices in serial mode but will turn off devices in parallel mode.

Rotation Mode

The PRIORITY algorithm provides the capability to automatically change device priorities internally, based on the changing states of the FBx inputs. When Rotation mode is activated, priorities are rotated each time one of the devices is turned on or off. When a device turns off, its priority is set to the number of connected devices (lowest priority). Devices not connected are set to a lower priority than all connected devices. For instance, if eight devices are connected, then all the devices not connected are set to a higher number than 8, as long as the user didn't tune the priorities manually. Turning on a device sets it to the highest priority of 1. Priorities of all other devices are incremented or decremented respectively.

This mode can be switched off (NO_ROTATION), switched on (ROTATION), or switched on when the algorithm is disabled (ON_IGN_DSABL) using the RTMOD parameter.

Changeover Mode

The algorithm can be configured to rotate devices based on a set of timers, rather than an external mechanism. This functionality is called Changeover, and it is designed to even out the wear of devices while they are running for an extended period of time.

In order to activate changeover, RTMOD must be in an active state (that is, ROTATION or ROT_WHEN_ENBL modes). In addition, COMOD must be configured to UP_CHNGOVER or DN_CHNGOVER modes and the three changeover timers need to be configured. The input signal changeover enable (COEN) indicates that changeover is ready to run (when it is not connected changeover is enabled by default).

Example:

First, a command is given to the algorithm to start a changeover via the Changeover Device (CODV) signal. The algorithm will increase the NUMRQ from 3 to 4 (COMOD is set to UP_CHNGOVER). The fourth Device would have the length of TAC timer (allowed time for changeover) to turn on. If the device turns on in time, then NUMRQ will hold four devices until the TTC (transition time) timer counts down to zero. Once TTC reaches zero, NUMRQ is set to 3 again and then the device that had the highest priority needs to turn off before TAC reaches zero.

Changeover will continue depending on whether the algorithm is in Changeover manual or Changeover automatic. This is determined by the CMAN and CAUTO parameters. If both parameters are set, or neither is set, then the algorithm will default to Changeover Manual. In changeover manual mode, the user must start changeover via the CODV signal. In changeover auto mode, the TBC (time between changeovers) timer determines the time between changeovers. At the end of the TBC time, changeover will start again.

The following state table displays the possible states that changeover can be in. These states are reported through the CSTAT output.

BITS	DESCRIPTION
0	Idle flag
1	Changeover manual
2	Changeover auto
3	On hold flag
4	Started flag
5	Pending flag
6	Finished flag
7	Ready flag
8	Reinitialize flag
9	Timeout flag
10	External Change flag
11	Manual reject flag

A description of the states is listed below:

■ Idle State

- Job: To wait for algorithm to be ready.
- Reason: If there are no devices to start-up or if the algorithm is disabled or RTMOD is equal to NO_ROTATION or COMOD is equal to NO_CHNGOVER
- Outputs “Idle” flag is set.
- Next State: “Ready”

- Ready State
 - Job: Wait for changeover sequence start.
 - Reason: Algorithm was idle, there are ready devices to turn ON/OFF, algorithm is enabled and RTMOD and COMOD are set and the number of ON devices is equal to the required number.
 - Outputs: "Ready" flag is set.
 - Next State: "Started", "On hold"
- Started State
 - Job: Start TAC count down. Increase/decrease required devices number.
 - Reason: Algorithm was ready and TBC time elapsed or changeover command was given.
 - Outputs: TAC is output to CTIME (Changeover Timer) pin. "Started" flag is set. New REQON output is set.
 - Next State: "Pending," "On hold," "Timeout"
- Pending State
 - Job: Start TTC count down.
 - Reason: Changeover was started and the number of ON devices is equal to the required number.
 - Outputs: TTC is output to CTIME pin. "Pending" flag is set.
 - Next State: "Finished" or "On hold"
- Finished State
 - Job: Start TAC count down. Increase/decrease required devices number.
 - Reason: Changeover was in "Pending" state, devices have been in the same state for time set in TTC counter.
 - Outputs: TAC is output to CTIME pin. "Finished" Flag is set. New REQON output is set.
 - Next State: "Idle," "Timeout"
- On hold State
 - Job: To wait for enable changeover signal (COEN input).
 - Reason: Algorithm is ready to change state but COEN signal is not present.
 - Outputs: "On hold" flag is set.
 - Next State: "Started," "Pending," "Finished"
- Timeout State
 - Job: Abandon changeover sequence, reject to manual changeover mode, restart TBC countdown.
 - Reason: Requested change of device states did not occur during TAC countdown.
 - Outputs: "Timeout" flag is set. Changeover mode is set to manual. "Manual reject" flag is set. TBC is output to CTIME pin.
 - Next State: "Idle"
- External Change State
 - Job: Abandon changeover, reinitialize TBC countdown.
 - Reason: External change occurred during changeover sequence.

- Outputs: “External Change” flag is set. TBC is output to CTIME pin.
- Next State: “Idle”
- Reinitialize State
 - Job: Reinitialize TBC countdown.
 - Reason: External change occurred when changeover was idle.
 - Outputs: “Reinitialize” flag is set. TBC is output to CTIME pin.
 - Next State: “Idle”
- Manual Reject
 - Job: This is the error state for automatic changeover.
 - Reason(s): If there is an interruption in the sequence during Auto Changeover, then the sequence will default to Manual Changeover.
 - Interruptions include the following:
 - Unexpected change in the number of required devices.
 - The control mode is changed from auto, to manual or disabled.
 - SDPR is activated and new device priorities are excepted.
 - One of the timers (TAC, TBC, TTC) finished counting down before its task could complete.
 - TBC is initially set to zero or less.
 - To clear the Manual Reject, start the sequence again. However, if the interruption was never taken care of, or accrues again, then the sequence will again abort to this state.

Prohibited Configurations (PCx)

The algorithm allows the user to specify up to 32 prohibited configurations. This is represented as 32 individual bit maps. For example, if bits 0, 2, and 10 are set, then devices 1, 3 and 11 cannot run at the same time. If the algorithm tries to change devices to a configuration that is forbidden, then the algorithm will try to find another configuration that will work.

Note: Prohibited configurations only apply to exact instances of running devices. For instance, if devices 1, 2, and 3 are prohibited from running, and devices 1, 2, 3, and 4 are requested to run, then the prohibited configuration will not apply, and all four devices will run. However, if only devices 1, 2, and 3 are attempting to run, then the algorithm will prevent the devices from running.

Algorithm Status

Algorithm status and error information is stored in the STAT output. The STAT output bits are defined as shown:

BITS	DESCRIPTION
0	Disabled mode.
1	Manual mode.
2	Auto mode.
3	Increasing.

BITS	DESCRIPTION
4	Decreasing.
5	Priorities rotated.
6	Priority rotation enabled.
7	External priorities accepted.
8	Algorithm load or tuning change.
9	No more available devices to turn OFF.
10	No more available devices to turn ON.
11	Maximum or minimum number of ON devices reached.
12	Reserved.
13	Prohibited configuration.
14	External Priorities are different than current Priorities.
15	RESERVED.

SID Storage

In order to assist with graphics programming, all output point SIDs are stored in fields in the algorithm. This allows the graphic to access multiple SIDs by accessing a single SID (the algorithm LC record).

Algorithm Record Type = LC

Algorithm Definitions

NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/ OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
Inputs:						
AUX1	C7-SID	Auxiliary	Required	--	Priority Auxiliary Record	LC
DSABL	G1	Variable	Optional	--	Disabled Mode Request	LD, LP
RDY1		Variable	Optional	--	Device 1 is ready and available.	LD, LP
FB1		Variable	Required	--	Device 1 On/Off Feedback	LD, LP
RDY2		Variable	Optional	--	Device 2 is ready and available	LD, LP
FB2		Variable	Required	--	Device 2 On/Off Feedback	LD, LP
RDY3		Variable	Optional	--	Device 3 is ready and available	LD, LP
FB3		Variable	Optional	--	Device 3 On/Off Feedback	LD, LP

NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/ OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
RDY4		Variable	Optional	--	Device 4 is ready and available	LD, LP
FB4		Variable	Optional	--	Device 4 On/Off Feedback	LD, LP
RDY5		Variable	Optional	--	Device 5 is ready and available	LD, LP
FB5		Variable	Optional	--	Device 5 On/Off Feedback	LD, LP
RDY6		Variable	Optional	--	Device 6 is ready and available	LD, LP
FB6		Variable	Optional	--	Device 6 On/Off Feedback	LD, LP
RDY7		Variable	Optional	--	Device 7 is ready and available	LD, LP
FB7		Variable	Optional	--	Device 7 On/Off Feedback	LD, LP
RDY8		Variable	Optional	--	Device 8 is ready and available	LD, LP
FB8		Variable	Optional	--	Device 8 On/Off Feedback	LD, LP
RDY9		Variable	Optional	--	Device 9 is ready and available	LD, LP
FB9		Variable	Optional	--	Device 9 On/Off Feedback	LD, LP
RDY10		Variable	Optional	--	Device 10 is ready and available	LD, LP
FB10		Variable	Optional	--	Device 10 On/Off Feedback	LD, LP
RDY11		Variable	Optional	--	Device 11 is ready and available	LD, LP
FB11		Variable	Optional	--	Device 11 On/Off Feedback	LD, LP
RDY12		Variable	Optional	--	Device 12 is ready and available	LD, LP
FB12		Variable	Optional	--	Device 12 On/Off Feedback	LD, LP
RDY13		Variable	Optional	--	Device 13 is ready and available	LD, LP
FB13		Variable	Optional	--	Device 13 On/Off Feedback	LD, LP
RDY14		Variable	Optional	--	Device 14 is ready and available	LD, LP

NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
FB14		Variable	Optional	--	Device 14 On/Off Feedback	LD, LP
RDY15		Variable	Optional	--	Device 15 is ready and available	LD, LP
FB15		Variable	Optional	--	Device 15 On/Off Feedback	LD, LP
RDY16		Variable	Optional	--	Device 16 is ready and available	LD, LP
FB16		Variable	Optional	--	Device 16 On/Off Feedback	LD, LP
INCDV	CN:9	Variable	Optional	--	Increase number of required ON devices	LD, LP
DECDV	CN:8	Variable	Optional	--	Decrease number of required ON devices	LD, LP
MAN	CN:12	Variable	Optional	--	Manual mode request	LD, LP
AUTO	CN:13	Variable	Optional	--	Auto mode request	LD, LP
NUM	G8	Variable	Optional	--	Required number of ON devices (used with ANUM).	LA
ANUM	G2	Variable	Optional	--	Activate "Number of Required ON Devices"	LD, LP
CODV	G3	Variable	Optional	--	Request device changeover	LD, LP
COEN	--	Variable	Optional	--	Device changeover enabled	LD, LP
CMAN	D4	Variable	Optional	--	Changeover Manual mode	LD, LP
CAUTO	D5	Variable	Optional	--	Changeover Auto mode	LD, LP
LLIM	G9	Selectable	Optional	--	Lowest number of requested devices	LA
HLIM	B0	Selectable	Optional	--	Highest number of requested devices	LA
EDPR1		Variable	Optional	--	External priorities for devices 1 - 4.	LP
EDPR2		Variable	Optional	--	External priorities for devices 5 - 8.	LP
EDPR3		Variable	Optional	--	External priorities for devices 9 - 12.	LP
EDPR4		Variable	Optional	--	External priorities for devices 13 - 16.	LP
SDPR	G5	Variable	Optional	--	Submit device priority pin.	LD, LP

NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/ OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
Outputs:						
DVON	B1 - SID	Variable	Required	--	Devices to be switched ON, but not OFF.	LP
DVOFF	B2 - SID	Variable	Required	--	Devices to be switched OFF, but not ON	LP
NON	YU - SID	Variable	Optional	--	Next device to go ON	LP
NOFF	B4 - SID	Variable	Optional	--	Next device to go OFF	LP
REQON	B5 - SID	Variable	Optional	--	Devices required to be ON	LP
CURON	B6 - SID	Variable	Optional	--	Devices currently ON	LP
RDYDV	B7 - SID	Variable	Optional	--	Devices ready and available	LP
STAT	B8 - SID	Variable	Optional	--	Status	LP
NUMRQ	B9 - SID	Variable	Optional	--	Number of devices required to be ON	LA
NUMON	C0 - SID	Variable	Optional	--	Number of devices currently ON	LA
PRI1	C1 - SID	Variable	Optional	--	Priorities for devices 1 - 4.	LP
PRI2	C2 - SID	Variable	Optional	--	Priorities for devices 5 - 8	LP
PRI3	C3 - SID	Variable	Optional	--	Priorities for devices 9 - 12	LP
PRI4	C4 - SID	Variable	Optional	--	Priorities for devices 13 - 16	LP
CSTAT	C5-SID	Variable	Optional	--	Changeover status	LP
CTIME	C6-SID	Variable	Optional	--	Changeover timer	LA
Input Params:						
MACTL	D0	Tuning Constant	Required	0	Manual/Auto Control mode: 0 - Normal 1 - Man in Auto	
OPMOD	YQ	Tuning Constant	Required	0	Operation mode: 0 - SERIAL 1 - PARALLEL 2 - S_ON_P_OFF Serial on parallel off	--

NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
RTMOD	D2	Tuning Constant	Required	0	Rotation mode: 0 - OFF 1 - ON 2 - ON_IGN_DSABL	--
COMOD	YP	Tuning Constant	Required	0	Changeover modes: 0 - NO_CHNGOVER 1 - UP_CHNGOVER 2 - DN_CHNGOVER	--
TBC	D6	Tuning Constant	Required	1	Time period between changeovers.	--
TAC	YN	Tuning Constant	Required	1	Time allowed for changeover (between start and stop).	--
TTC	D8	Tuning Constant	Required	1	Time to remain in the "Pending State" during changeover.	--
CTMOD	D9	Alg. Init.	Variable	0	Control Mode: 0 - Disabled 1 - Manual 2 - Auto	--
DVFB	YM	Alg. Init.	Variable	0	Map of devices feedback connections	--
STATS	YL	Alg. Init.	Variable	0	STAT value (lower 16 bits) and CSTAT value (higher 16 bits).	--
CPR1	E3	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 1.	--
CPR2	E4	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 2.	--
CPR3	YC	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 3.	--
CPR4	Y9	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 4.	--
CPR5	E7	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 5.	--
CPR6	E8	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 6.	--
CPR7	Y8	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 7.	--
CPR8	Y7	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 8.	--

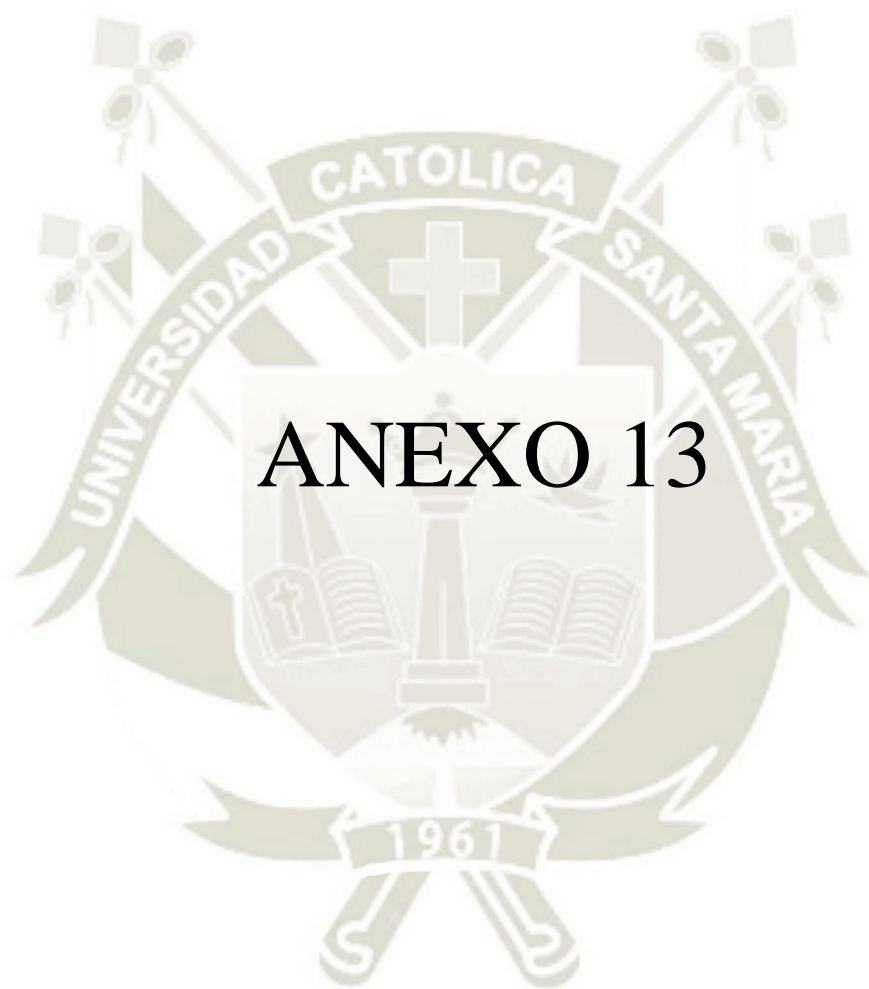
NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
CPR9	Y6	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 9.	--
CPR10	XY	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 10.	--
CPR11	XW	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 11.	--
CPR12	F4	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 12.	--
CPR13	F5	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 13.	--
CPR14	F6	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 14.	--
CPR15	XV	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 15.	--
CPR16	XU	Alg. Init.	Variable	0	Current Priority for Device 16.	--

Auxiliary Priority Algorithm Definitions

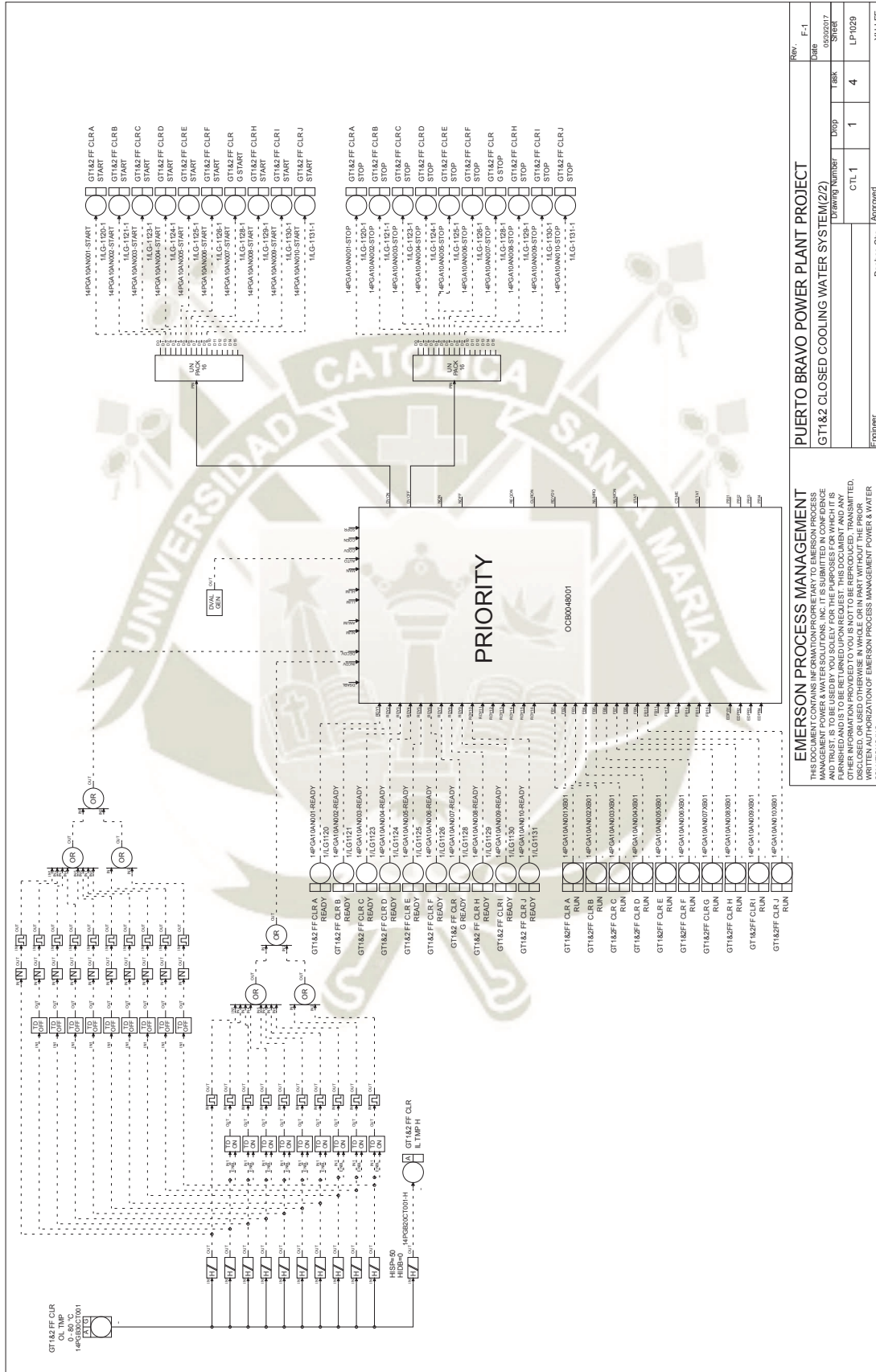
NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
DPR1	G0	Tuning Constant	Required	1	Priority for Device 1 (1 - 16)	--
DPR2	G1	Tuning Constant	Required	2	Priority for Device 2 (1 - 16)	--
DPR3	G2	Tuning Constant	Required	3	Priority for Device 3 (1 - 16)	--
DPR4	G3	Tuning Constant	Required	4	Priority for Device 4 (1 - 16)	--
DPR5	G4	Tuning Constant	Required	5	Priority for Device 5 (1 - 16)	--
DPR6	G5	Tuning Constant	Required	6	Priority for Device 6 (1 - 16)	--
DPR7	G6	Tuning Constant	Required	7	Priority for Device 7 (1 - 16)	--
DPR8	G7	Tuning Constant	Required	8	Priority for Device 8 (1 - 16)	--
DPR9	G8	Tuning Constant	Required	9	Priority for Device 9 (1 - 16)	--
DPR10	G9	Tuning Constant	Required	10	Priority for Device 10 (1 - 16)	--

NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/ OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
DPR11	B0	Tuning Constant	Required	11	Priority for Device 11 (1 - 16)	--
DPR12	B1	Tuning Constant	Required	12	Priority for Device 12 (1 - 16)	--
DPR13	B2	Tuning Constant	Required	13	Priority for Device 13 (1 - 16)	--
DPR14	YU	Tuning Constant	Required	14	Priority for Device 14 (1 - 16)	--
DPR15	B4	Tuning Constant	Required	15	Priority for Device 15 (1 - 16)	--
DPR16	B5	Tuning Constant	Required	16	Priority for Device 16 (1 - 16)	--
PC1	C8	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 1	--
PC2	YT	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 2	--
PC3	D0	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 3	--
PC4	YQ	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 4	--
PC5	D2	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 5	--
PC6	YP	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 6	--
PC7	D4	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 7	--
PC8	D5	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 8	--
PC9	D6	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 9	--
PC10	YN	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 10	--
PC11	D8	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 11	--
PC12	D9	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 12	--
PC13	YM	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 13	--
PC14	YL	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 14	--
PC15	E2	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 15	--

NAME	LC ALG. RECORD FIELD	TYPE	REQUIRED/ OPTIONAL	DEFAULT VALUE	DESCRIPTION	MIN. POINT RECORD
PC16	E3	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 16	--
PC17	E4	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 17	--
PC18	YC	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 18	--
PC19	Y9	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 19	--
PC20	E7	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 20	--
PC21	E8	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 21	--
PC22	Y8	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 22	--
PC23	Y7	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 23	--
PC24	Y6	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 24	--
PC25	XY	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 25	--
PC26	XW	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 26	--
PC27	F4	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 27	--
PC28	F5	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 28	--
PC29	F6	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 29	--
PC30	XV	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 30	--
PC31	XU	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 31	--
PC32	XR	Tuning Constant	Required	0	Prohibited configuration 32	--



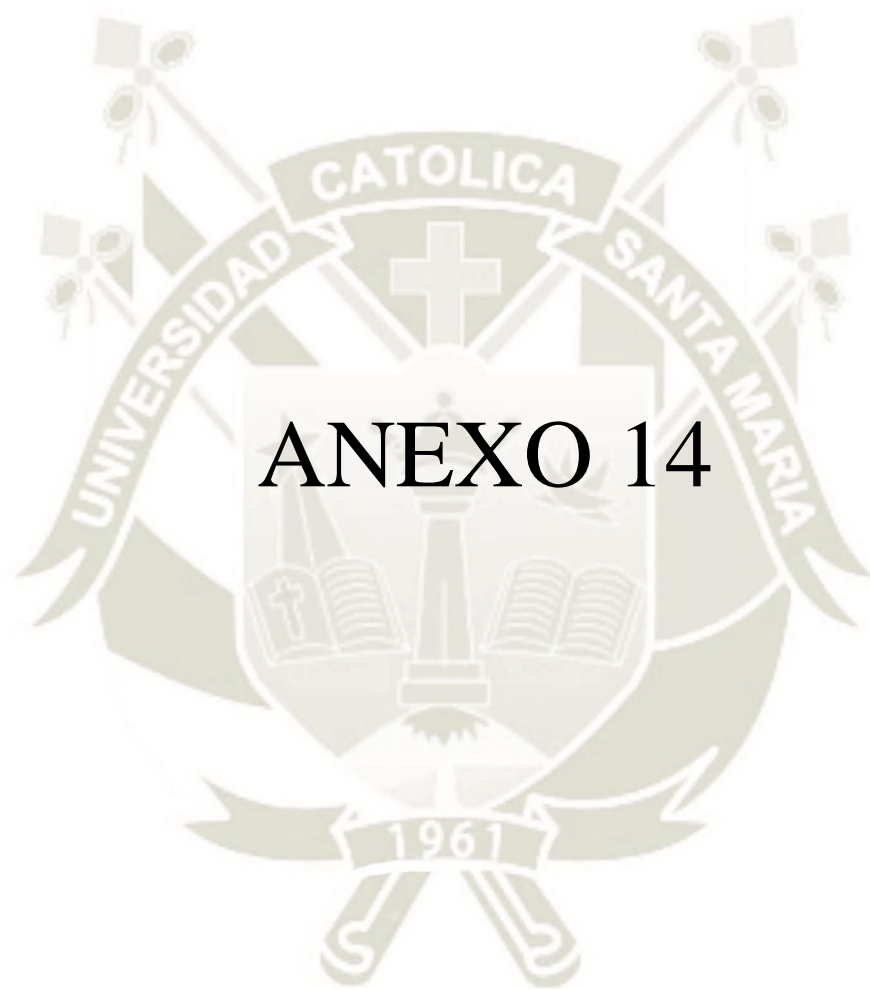
ANEXO 13



EMERSON PROCESS MANAGEMENT
 THE INFORMATION CONTAINED HEREIN IS THE PROPERTY OF EMERSON PROCESS MANAGEMENT POWER & WATERSOLUTIONS, INC. IT IS SUBMITTED IN CONFIDENCE AND TRUST IS TO BE USED BY YOU SOLELY FOR THE PURPOSES FOR WHICH IT IS FURNISHED AND IS TO BE RETURNED UPON REQUEST. THIS DOCUMENT AND ANY INFORMATION CONTAINED HEREIN IS UNCLASSIFIED, UNCONTROLLED, UNREVIEWED, UNDISCLOSED, OR USED OTHERWISE IN WHOLE OR IN PART WITHOUT THE PRIOR WRITTEN AUTHORIZATION OF EMERSON PROCESS MANAGEMENT POWER & WATER SOLUTIONS, INC.

PUERTO BRAVO POWER PLANT PROJECT
 GT1&2 CLOSED COOLING WATER SYSTEM(2/2)

Rev.	F-1
Draw	00000007
Sheet	1
Task	4
Drop	1
CTI	1
Approved	YH LEE
Engineer	Daniel Ciro



ANEXO 14

Saturday, June 09, 2018

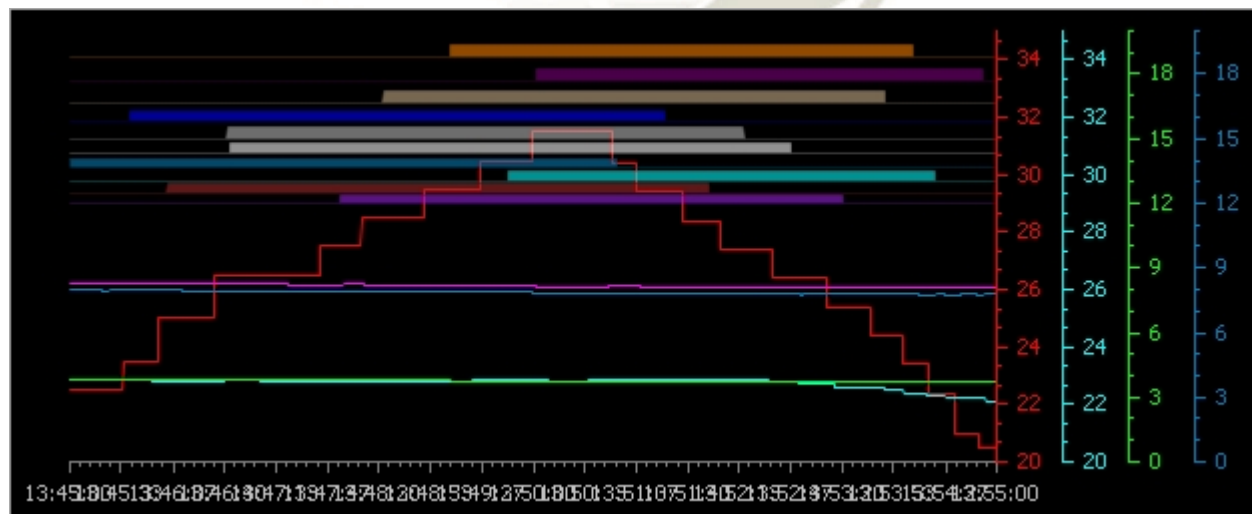
CCW34

Page 1 of 1

Start Time : 06/01/2018 13:45:00

End Time : 06/01/2018 13:55:00

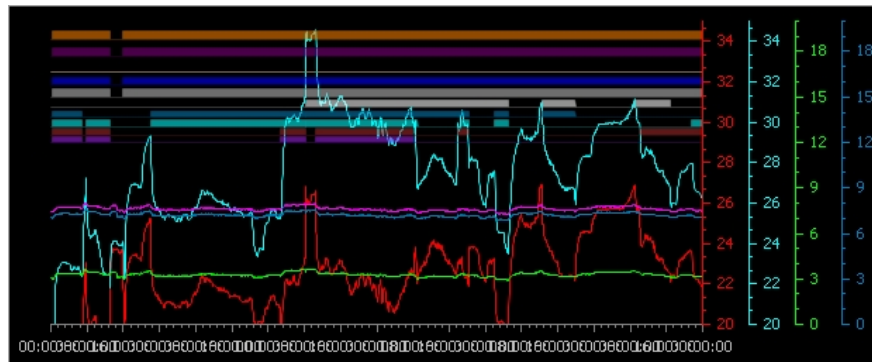
	G	Point Name	Historian	Processi	Description	End V	Unit	S	Low S	High S
1	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB30CT001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL TMP	20....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	35
2	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB20CT001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR IL TMP	22....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	35
3	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB10CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP COM SUC PRSS	3.68	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
4	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB30CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL PRSS	7.80	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
5	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB20CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP DISC PRSS	3.11	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
6	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN001XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR A RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	2
7	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN002XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR B RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	4
8	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN003XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR C RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	6
9	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN004XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR D RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	8
10	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN005XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR E RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	10
11	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN006XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR F RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	12
12	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN007XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR G RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	14
13	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN008XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR H RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	16
14	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN009XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR I RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	18
15	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN010XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR J RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	20

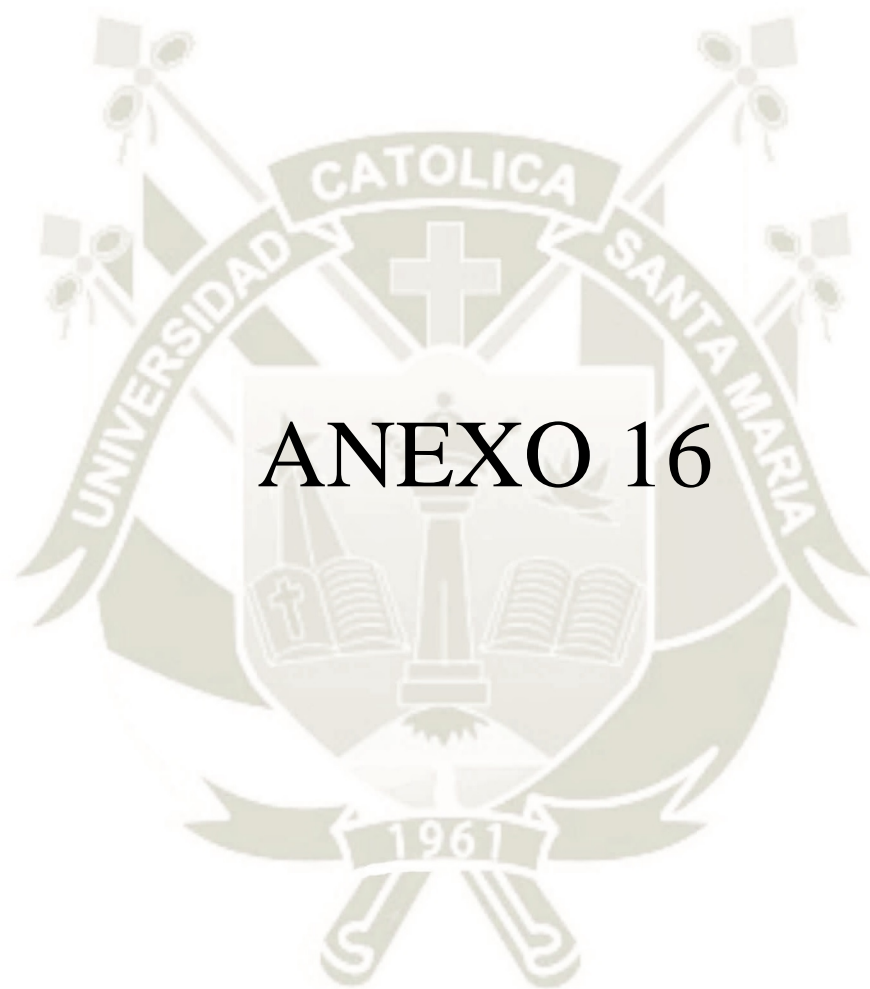


ANEXO 15

Start Time : 09/14/2017 00:00:00
End Time : 09/20/2017 00:00:00

	G	Point Name	Historian	Process	Description	End V	Unit	S	Low	High
1	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB30CT001.UNITO@NETO	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL TMP	21....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	35
2	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB20CT001.UNITO@NETO	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR IL TMP	26....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	35
3	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB10CP001.UNITO@NETO	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP COM SUC PRSS	3.13	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
4	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB30CP001.UNITO@NETO	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL PRSS	7.09	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
5	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB20CP001.UNITO@NETO	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP DISC PRSS	7.49	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
6	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN001XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR A RUN	1		<input type="checkbox"/>	-30	2
7	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN002XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR B RUN	1		<input type="checkbox"/>	-30	4
8	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN003XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR C RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	6
9	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN004XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR D RUN	1		<input type="checkbox"/>	-30	8
10	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN005XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR E RUN	1		<input type="checkbox"/>	-30	10
11	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN006XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR F RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	12
12	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN007XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR G RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	14
13	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN008XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR H RUN	1		<input type="checkbox"/>	-30	16
14	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN009XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR I RUN	1		<input type="checkbox"/>	-30	18
15	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN010XB01.UNITO@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR J RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	20





ANEXO 16

Start Time : 06/26/2018 03:00:00

End Time : 06/27/2018 06:00:00

	G	Point Name	Historian	Processi	Description	End V	Uni	S	Low S	High S
1	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB30CT001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL TMP	21....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	50
2	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB20CT001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR IL TMP	21....	°C	<input checked="" type="checkbox"/>	20	50
3	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB10CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP COM SUC PRSS	8.19	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
4	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB30CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR OL PRSS	7.31	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
5	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGB20CP001.UNIT0@NET0	Auto Historian	Actual	GT3&4 CCWP DISC PRSS	7.62	bar	<input checked="" type="checkbox"/>	0	20
6	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN001XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR A RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	2
7	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN002XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR B RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	4
8	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN003XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR C RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	6
9	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN004XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR D RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	8
10	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN005XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR E RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	10
11	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN006XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR F RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	12
12	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN007XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR G RUN	1		<input type="checkbox"/>	-30	14
13	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN008XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR H RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	16
14	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN009XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR I RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	18
15	<input checked="" type="checkbox"/>	(A) 34PGA10AN010XB01.UNIT0@	Auto Historian	Actual	GT3&4 FF CLR J RUN	0		<input type="checkbox"/>	-30	20

