



**PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE UN LOAD
SHEDDING INSTALADO EN UN SISTEMA
BAILEY NETWORK 90 A UN SISTEMA DE
CONTROL DISTRIBUIDO DCS VALMET EN
LA PLANTA CMPC LAJA CHILE**

Autor: Marisela Benitez

Urb. Yuma II, calle n°3.Municipio San Diego
Teléfono (0241) 8714240 (master)-Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE UN LOAD
SHEDDING INSTALADO EN UN SISTEMA
BAILEY NETWORK 90 A UN SISTEMA DE
CONTROL DISTRIBUIDO DCS VALMET EN
LA PLANTA CMPC LAJA CHILE**

Empresa: APLICACIONES, C.A.

Autor: Marisela Benitez
C.I.V-19.516.403
Tutor: Ing. José Hernández


San Diego, enero de 2019




**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE UN LOAD
SHEDDING INSTALADO EN UN SISTEMA
BAILEY NETWORK 90 A UN SISTEMA DE
CONTROL DISTRIBUIDO DCS VALMET EN
LA PLANTA CMPC LAJA CHILE**

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Jose Rafael Hernandez B  V-13579550
Nombre, firma y cédula de identidad del tutor académico

Leonardo Herrera  C.I. 2809716
Nombre, firma y cédula de identidad del tutor empresarial

Aplicaciones, C.A.
Agrace inteligencia al software
R.L.F. J-30687291-0

Autor: Marisela Benitez
C. I. V-19.516.403

San Diego, enero de 2019




REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero José Rafael Hernández, portador(a) de la cédula de identidad V-13.514.550, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por la ciudadana Marisela Benitez, portadora de la cédula de identidad V-19.516.403, titulado “**Propuesta de migración de un Load Shedding instalado en un sistema Bailey Network 90 a un Sistema de Control Distribuido DCS Valmet en la Planta CMPC Laja Chile**”, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 10 días del mes de enero del año dos mil diecinueve.



Firma
José Rafael Hernández
C.I. V-13.514.550



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Leonardo Herrera, portador(a) de la cédula de identidad V-8.809.716, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por la ciudadana Marisela Benitez, portadora de la cédula de identidad V-19.516.403, titulado **“Propuesta de migración de un Load Shedding instalado en un sistema Bailey Network 90 a un Sistema de Control Distribuido DCS Valmet en la Planta CMPC Laja Chile”**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los 10 días del mes de enero del año dos mil diecinueve.

Firma

Leonardo Herrera

C.I. V-8.809.716

Aplicaciones, C.A.

Agrega Inteligencia a su Planta
R.I.F. J-3887291-8

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primero que nada a Dios, gracias por ayudarme a lo largo de toda la carrera a levantarme cada vez que me sentía débil y sin fuerzas para continuar, y a mis padres ya que sin ellos esto no fuera sido posible, mil gracias por el apoyo incondicional para culminar esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, gracias a Dios por la fuerza y sabiduría que me brindo para culminar este camino que se hizo un poco largo, pero al final se logró el objetivo tan anhelado.

A mis padres Belkis Saldívar y Norman Benitez por estar siempre a mi lado apoyándome en todos los sentidos sin ustedes no fuera sido posible, esto es por y para ustedes. Mis hermanas Mariela y Maribel gracias por apoyarme siempre y en todo momento.

A mi sobrino Mateo Santiago, Mi cuñado Wilfredo García, mi prima Carolina Alvarado, por ultimo y no menos importante una persona muy especial Daniel Sánchez quien siempre confió y me apoyo en todo momento, gracias a los cuatro por haber formado parte de todo esto.

Mi tutor académico, Ing. José Hernández por su ayuda y asesoría para alcanzar los objetivos planteados.

A todos mis amigos y familiares que a lo largo de esta carrera estuvieron cerca o lejos, pero con positivismo y deseándome siempre lo mejor.

A mis compañeros de clase y futuros colegas Antonio, José Ángel, Eduardo, Luigi y Roismer, con los que compartí muchos momentos importantes a lo largo de este viaje que fue la universidad, a ustedes gracias.

ÍNDICE

CONTENIDO	PP.
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
LA EMPRESA.....	2
1.1. Reseña Histórica.....	2
1.2. Misión.....	2
1.3. Visión	3
1.4. Ubicación Actual	3
1.5. Valores.....	3
1.6. Descripción y Servicios.....	4
1.7. Estructura Organizacional	5
CAPÍTULO II	7
EL PROBLEMA	7
2.1. Planteamiento del problema	7
2.2. Formulación del Problema	9
2.3. Objetivos de la Investigación	9
2.3.1. Objetivo General.....	9
2.3.2. Objetivos Específicos	9
2.4. Justificación del Problema.....	9
2.5. Alcance	10

CAPÍTULO III	12
MARCO TEÓRICO	12
3. 1. Antecedentes	12
3.2. Bases Teóricas.....	14
3.2.1. Load Shedding.....	14
3.2.2. Acción del Load Shedding.....	14
3.2.3. Función del Load Shedding.....	15
3.2.4. Consideraciones básicas para el Load Shedding.....	15
3.2.5. Fuentes de Generación.....	16
3.2.6. Sistemas de transferencia de energía.....	18
3.3. Definición de términos básicos	19
 CAPÍTULO IV	 21
MARCO METODOLÓGICO	21
4.1. Tipo de Investigación	21
4.2. Diseño de la Investigación	22
4.3. Nivel de la Investigación.....	23
4.4. Fases Metodológicas	23
 CAPÍTULO V	 25
RESULTADOS	25
5.1. Fase I: Análisis de la arquitectura del sistema Load Shedding instalado actualmente en la planta CMPC Laja Chile.	25
5.1.1. Funcionamiento del sistema.	30
5.1.2. Equipos del sistema.	33
5.2. Fase II: Determinación de los requerimientos del hardware y software necesarios para la migración del sistema Load Shedding garantizando la confiabilidad, funcionamiento y aplicación de nuevas tecnologías.	41
5.2.1. Software.....	42
5.2.2. Hardware.	57

5.3. Fase III: Diseño de la arquitectura del hardware y software requerido para el Sistema Load Shedding en la planta CMPC Laja Chile.....	62
5.3.1. Hardware.	63
5.3.2. Software.....	66
5.4. Fase IV: Propuesta de implementación de un Load Shedding previamente diseñado para la migración de un sistema Bailey Network 90 a un Sistema de Control Distribuido DCS Valmet en la planta CMPC Laja Chile.	68
5.4.1. Propuesta Hardware y Software.	68
5.4.2. Programación del controlador	72
CONCLUSIÓN	76
RECOMENDACIONES.....	77
REFERENCIAS	78
BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ELECTRÓNICAS.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	Pp.
1. Organigrama estructural de la empresa APLICACIONES, C.A.	6
2. Transformador Tengen.....	17
3. Turbogenerador Siemens	18
4. Celda de Distribución Schneider Electric	19
5. Diagrama.....	26
6. Diagrama Unifilar	32
7. RIS (Registrador secuencial de eventos)	33
8. Controlador IMMFP02	35
9. Diagrama de bloque funcional del IMMFP02	36
10. Modulo IMFEC12.....	37
11. Diagrama de bloque del módulo de entrada digital	38
12. Modulo IMDSI22.....	38
13. Diagrama de bloque del módulo de entrada digital	39
14. Modulo IMDSO14	40
15. Terminal NRAI01	40
16. Terminal NRDI01	41
17. Terminal NRDO02.....	41
18. Valmet DNA Operate	44
19. Valmet Trend and Event Archive	45
20. Valmet Report.....	46
21. Valmet Report, Alarm and Event Analyzing	47
22. Valmet Report Diary.....	47
23. Valmet Historian.....	48
24. Valmet DNA Explorer	50

25. Valmet Function Block CAD.....	51
26. Valmet Network Designer	52
27. Valmet Field Device Manager	53
28. Valmet Engineering Loop Auto Tuner	54
29. Valmet Control Performance	55
30. Enlaces a Terceros	56
31. Controlador ACN RT.....	58
32. Controlador ACN CS.....	58
33. Controlador ACN MR.....	59
34. Controlador ACN SR1	60
35. Modulo I/O M80	61
36. Modulo I/O M80.....	62
37. Elementos del sistema eléctrico	63
38. Arquitectura del Load Shedding	68
39. Componentes del Load Shedding	72
40. Diagrama de flujo general.....	73
41. Diagrama de flujo para Celda	74
42. Diagrama de flujo para Fuentes	75

ÍNDICE DE CUADROS

CUADROS	Pp.
1. Descripción de Celdas.....	27
2. Descripción de Fuentes	27
3. Descripción de los escenarios	28
4. Lista # 1: Secuencia de celdas a despejar.....	29
5. Lista # 2: Secuencia de celdas a despejar	29
6. Lista # 3: Secuencia de celdas a despejar	30
7. Lista # 4: Secuencia de celdas a despejar	30
8. Especificaciones del IMMFP02	34
9. Especificaciones del IMMFP02	36
10. Especificaciones del IMDSI22	37
11. Especificaciones del IMDSO14.....	39
12. Calculo de I/O para las fuentes	64
13. Calculo de I/O para el reactor y las celdas.....	65
14. Calculo Total de I/O.....	66



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
CARRERA INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE MIGRACIÓN DE UN LOADSHEDDING INSTALADO EN
UN SISTEMA BAILEY NETWORK 90 A UN SISTEMA DE CONTROL
DISTRIBUIDO DCS VALMET EN LA PLANTA CMPC LAJA CHILE.**

Autores: Marisela Benitez

Tutor: José Rafael Hernández

Fecha: abril 2018

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal realizar la migración de un Load Shedding instalado en un sistema Bailey Network 90 a un sistema de control Distribuido DCS Valmet en la planta CMPC Laja Chile. Para el desarrollo de la propuesta se realizó una investigación de las condiciones actuales del sistema con el fin de considerar mejoras que aporten la optimización del sistema de Load Shedding (Desconexión de Cargas Eléctricas) existente. El sistema a implementar tiene la capacidad de generar capturas, enviar informes remotos a través de internet (recepción de información en correos y celulares) y discriminación de cargas emitiendo reportes con fechas y horas de los eventos. Este proyecto pretende desarrollar un sistema de control eficiente y que garantice grandes beneficios para la empresa y el personal dentro de ella.

Descriptor: Automatización, Load Shedding, Celdas, DCS, Valmet

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo será una propuesta para la planta CMPC Laja Chile, se ejecuta a través de la empresa Aplicaciones, C.A, tiene como objetivo la migración de un Load Shedding el cual fue instalado alrededor de 15 años atrás, en un sistema Bailey Network 90 el mismo se desea reemplazar por un sistema de control distribuido (DCS) marca Valmet para mejorar el proceso en la planta. Con el avance de la tecnología las empresas han visto la necesidad de implementar avances en cuanto a las actualizaciones tecnológicas de los equipos para así brindar un óptimo desempeño entre la planta, el operador y la gerencia.

En la actualidad el sector industrial se ha visto obligado a reestructurar sus procesos, buscando con esto un aumento en la eficiencia de los mismos. Esta reestructuración por un lado consiste en realizar un control total del proceso a partir de sistemas avanzados (tecnología de punta) y que sólo unos pocos sectores productivos poseen por ser una inversión de alto nivel; por otro lado, pequeñas y medianas empresas acuden a las llamadas auditorías energéticas las cuales posiblemente garanticen la estructuración y reducción de los consumos energéticos, pero no siempre tienen presente la correlación existente entre estos consumos y la producción, generando la mayoría de las veces desaliento e incredulidad por parte del empresario.

El sistema a proponer es una poderosa y flexible aplicación para controlar administrar y gerenciar las diferentes fuentes de energía existentes, consiste en un grupo de herramientas de hardware, software y aplicaciones que permiten automatizar las operaciones de la red de distribución de un sistema de energía eléctrica.

Para lograr el desarrollo de este sistema se realiza la implementación de nuevos equipos y desarrollo de ingeniería con tecnología de punta en la planta CMPC que se contemplaran dentro de los capítulos que se mencionan a continuación:

El Capítulo I. La empresa. Consta de una descripción de la empresa que presta el servicio, su reseña histórica, su misión y visión, sus valores y los servicios que ofrece.

El Capítulo II. El problema. Se detallará el origen del problema, los objetivos que se alcanzaran con la implementación, la justificación del mismo, el alcance y las limitaciones que presenta el proyecto.

El Capítulo III. El marco teórico. Se encuentran los antecedentes que se toman para poder llevar a cabo la investigación, las bases teóricas necesarias para comprender el proceso y la definición de los términos básicos necesarios para la familiarización del tema.

El Capítulo IV. El marco metodológico. Se especificará el tipo, diseño y nivel de la investigación. Es aquí donde se describirá la población y muestra y se plantearán las fases de la investigación.

El Capítulo V. Resultados. Se muestran y describen cada una de las fases de forma más amplia, para poder formular la propuesta más idónea y necesaria para la empresa.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1. Reseña Histórica

APLICACIONES, C.A., es una empresa fundada en 1998 que se especializa en la automatización de procesos industriales para optimizar los procesos productivos de sus clientes de forma que los resultados sean eficientes y efectivos. Asegurando que los servicios de ingeniería prestados sean oportunos, continuos, confiables y competitivos, satisfaciendo las necesidades y expectativas, bajo el esquema de la mejora continua en todos los procesos de la organización.

APLICACIONES, C.A., garantiza una atención de la más alta calidad siempre manteniendo el respeto con los clientes y proveedores. Cuenta con un personal altamente calificado y con una disposición de servicio cónsono con lo que exigen nuestros clientes.

APLICACIONES, C.A., es una empresa responsable conformada por ingenieros de diversas ramas, técnicos mecánicos y electrónicos y un staff de vendedores que conforman este gran equipo, sin dejar a un lado su importante cartera de clientes tanto en Venezuela como también en Sur América, Centro América y el Caribe, ahora representantes de marcas tales como Valmet (Automatización) y Metso (Válvulas), Schneider Electric Venezuela y Distribuidor Autorizado de Endress Hauser brindándoles siempre servicios de calidad.

1.2. Misión

La misión de la empresa APLICACIONES, C.A. esta expresada de la siguiente manera:

Satisfacer las necesidades de Automatización y Control en la Industria Nacional y Latinoamericana, suministrando Equipos de Medición, Control, Supervisión y Soporte Técnico. Siempre teniendo presente que nuestra labor genere rentabilidad al negocio de nuestros clientes.

Asimismo, buscamos apoyar e incentivar a los nuevos profesionales para brindarles la oportunidad de desarrollar todo el potencial y capacidad dentro de esta área y algunas otras de su interés.

Debido al rol que representa la tecnología en estos tiempos, el Grupo Aplicaciones, estamos comprometidos a crear y mantener una estrecha relación con nuestros clientes, basándonos en los principios de excelencia y confianza.

1.3. Visión

La visión de APLICACIONES, C.A., es ser una empresa de preferencia a nivel regional (Latinoamérica) en automatización dentro de las áreas de Energía, Bebidas, Calderas y Máquinas Papeleras.

1.4. Ubicación Actual

APLICACIONES, C.A., se encuentra ubicada actualmente en la Carretera Cagua San Mateo Centro Empresarial Mitos nivel 1 oficina 2A. Sector la Encrucijada. Turmero, Estado Aragua.

1.5. Valores

En APLICACIONES, C.A., los valores son algo muy importantes que van desde su presidente, el personal administrativo y todos los trabajadores que la conforman vienen orientados hacia:

- **Asertividad:** “Tomamos las decisiones en el momento oportuno”.
- **Puntualidad:** “Utilizamos el camino más corto para alcanzar las metas”.
- **Liderazgo:** “Siempre firmes para satisfacer los objetivos”.

- **Ingenio:** “Creamos soluciones donde no parecen existir”.
- **Compromiso:** “La satisfacción es nuestro combustible”.
- **Atención:** “Mantenemos nuestro enfoque sobre un punto determinado”.
- **Confianza:** “Cuidamos la relación que existe entre nosotros y nuestros clientes”.
- **Innovación:** “Introducimos novedades en tiempo récord”
- **Organización:** “Congruencia en cada paso que damos”.
- **Nobleza:** “Hacemos lo correcto de la mejor manera”.
- **Experiencia:** “Aprendiendo siempre de cada proyecto”.
- **Servicio:** “Siempre pensamos en el bienestar de nuestros clientes”.

1.6.Descripción y Servicios

APLICACIONES, C.A., es una empresa de ingeniería y servicios especializada en sistemas de control para la industria manufacturera en general.

APLICACIONES, C.A., proporciona soluciones en suministros, medición y distribución de energía eléctrica. En cuanto a los suministros se encuentran generadores eléctricos, Sistemas Solares, Transferencias automáticas, equipos de medición de energía eléctrica y software de supervisión de parámetros eléctricos.

En los tipos de trabajos que se realizan se encuentra la automatización y control de procesos en la industria de pulpa y papel, alimentos, bebidas, etanol, química y de azúcar, la automatización de calderas donde tenemos la medición y control de energía del mismo, por ultimo está los suministros que se dividen en: Pulpa y Papel donde se tienen los transmisores de consistencia y los de concentración, los analizadores, el APC control avanzado y las válvulas, en Energía están los generadores, las transferencias automáticas, protección de sobre voltaje, y equipos de medición de parámetros eléctricos.

APLICACIONES, C.A., se encuentra en el mercado venezolano desde 1998, sirviendo al sector industrial, y ofreciendo ingeniería de la más alta calidad, a partir

del 2010 se empezó una alianza con la empresa Metso y Valmet dando inicio a la representación de la marca tanto en Venezuela como en el exterior ampliando las expectativas y ofreciendo al sector industrial los mejores equipos con tecnología de punta en el área de automatización.

Su equipo, conformado por vendedores, ingenieros tanto mecánicos, industriales, electrónicos entre otros, están atentos y en constante entrenamiento y aprendizaje para poder mantener a la empresa al día con las últimas tecnologías en equipos a nivel industrial.

1.7.Estructura Organizacional

La estructura de la empresa APLICACIONES, C.A., está compuesta por una gerencia general que lo componen un presidente y vicepresidente con ayuda de un asesor, el cual se encargan de la dirección de la empresa, y se encargan de dictar lineamientos para mejorar cada departamento, comenzando por el departamento de comercialización donde se encuentra el área de mercadeo y ventas, siguiendo con el departamento de operaciones que se encuentra el área de ingeniería y logística y por último el departamento de finanzas que consta de un área administrativa y contable. Posee una estructura organizativa vertical, lineal y funcional, donde se muestra como están relacionados los departamentos, incrementando la coordinación de sus esfuerzos para el logro de los objetivos en las diversas actividades que se ejecutan en ella.

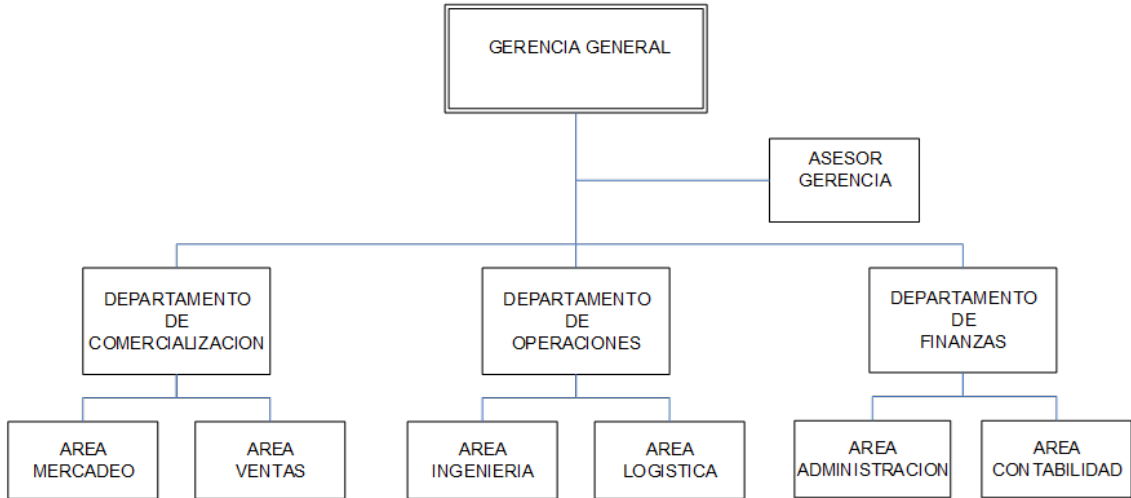


Figura 1. Organigrama estructural de la empresa APLICACIONES, C.A.

Fuente: Aplicaciones, C.A

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

A través de los tiempos el hombre se ha valido de múltiples servicios que le han proporcionado confort a su subsistencia, tal es el caso de la energía eléctrica que ha tenido un papel importante en el desarrollo de la sociedad porque permite el avance de la tecnología en la vida moderna.

Hoy en día, las limitaciones de generación eléctrica, la demanda de carga por parte de los usuarios y las exigencias del sistema conectados, son parte de los factores que afectan el servicio eléctrico. Generalmente los despejes de carga son utilizados para atenuar los efectos de contingencias severas en el sistema tales como: sobrecargas en la red, pérdidas de generación, fallas en los transformadores y líneas de transmisión entre otros.

CMPC también conocida como La Papelera, es una corporación forestal y papelerero chileno controlado por la familia Matte, se fundó como una compañía Manufacturera de Papeles y Cartones. En la actualidad la firma cuenta con el segundo patrimonio forestal de Chile y su principal negocio es la celulosa.

Aproximadamente 15 años atrás, Aplicaciones, C.A fue llamada para asesoramiento e implementación de un Load Shedding en una de sus sedes ubicada en la ciudad de Laja, debido a que cuando hay falla con alguna fuente de generación, esto ocasiona parada de planta y a su vez origina pérdida de producción.

El Load Shedding consiste en la desconexión intencional de circuitos eléctricos del sistema interconectado para aislar bloques de consumo de energía y disminuir la carga exigida al sistema. La acción del Load Shedding se efectúa como un complemento a los controles primarios y secundarios ante la contingencia que puede encontrarse en la red, aplicándose solo como medida de respaldo en situaciones de emergencias, cuando se presenta deficiencias severas de generación o de inestabilidad del sistema.

Cabe destacar que el proyecto fue ejecutado y puesto en marcha con éxito, cada año el representante de Aplicaciones, C.A encargado de este trabajo viaja, al momento que se hace una parada programada de planta, verificando o solucionando cualquier inconveniente ocasionado. Con el pasar de los años la tecnología ha avanzado haciendo más notoria la ausencia de repuestos, la obsolescencia de los equipos, lentitud en el sistema, la falta de reportes de forma digital de los eventos ocasionados, entre otras.

Por estos motivos, el departamento encargado de esta área consultó a la empresa “APLICACIONES, C.A.”, para desarrollar una mejora en su sistema ya instalado, aumentando la productividad de la planta obteniendo una administración más eficiente del ahorro energético.

Conforme a esto, durante la pasantía se desarrollarán propuesta de migración de un Load Shedding instalado en un sistema Bailey Network 90 a un sistema de control distribuido DCS Valmet en la Planta CMPC Laja Chile, mediante la implementación de nuevos equipos con tecnología de punta que harán el trabajo de los operadores y gerentes encargados de ese departamento un poco más sencillo ya que podrán monitorear y obtener reportes constantes en la sala de control de los eventos en cada instante de tiempo, por ultimo cabe destacar que este trabajo le proporcionará a la planta mejor rendimiento y operatividad a través del uso eficiente de la energía.

2.2. Formulación del Problema

De lo planteado anteriormente, surge entonces la interrogante:

¿De qué manera se puede optimizar el sistema Load Shedding con la implementación de tecnologías actualizadas para disponer de un sistema de Despeje de Cargas confiables en la planta CMPC Laja Chile?

2.3. Objetivos de la Investigación

2.3.1. Objetivo General

Desarrollar una propuesta de migración de un Load Shedding instalado en un sistema Bailey Network 90 a un Sistema de Control Distribuido DCS Valmet en la Planta CMPC Laja Chile.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la arquitectura del sistema Load Shedding instalado actualmente en la Planta CMPC Laja Chile.
- Determinar los requerimientos de hardware y software necesarios para la migración del Sistema Load Shedding garantizando la confiabilidad, funcionamiento y aplicación de nuevas tecnologías.
- Diseñar la arquitectura del hardware y software requerido para el Sistema Load Shedding en la planta CMPC Laja Chile.
- Proponer la implementación de un Load Shedding previamente diseñado para la migración de un sistema Bailey Network 90 a un Sistema de Control Distribuido DCS Valmet en la planta CMPC Laja Chile.

2.4. Justificación del Problema

La necesidad de migrar surge por la ausencia de repuestos en los equipos debido a la obsolescencia de los mismos y la deficiencia en reportes de información, es por ello que el cambio de tecnología es la mejor alternativa para reducir los

problemas en la planta ya que se tiene capturas de reportes, rapidez en el sistema, discriminación de carga, fecha y hora de las fallas siendo esto un beneficio para el operador encargado del proceso y para el gerente encargado de la planta.

2.5. Alcance

El proyecto de pasantía busca estructurar la propuesta de migración del Load Shedding garantizando que las desconexiones de carga sean las apropiadas para no tener paradas no deseadas y la planta tenga producción en régimen permanente. El sistema brindará una herramienta de gran ayuda ya que permitirá generar de manera automática los registros y datos históricos relacionados. Este desarrollo comprende dos módulos:

- Módulo de control: el cual permite controlar el proceso de despeje de carga mediante un DCS (DNA Valmet) para así garantizar la operatividad de la planta a través del uso eficiente de energía.
- Módulo de supervisión: se percibe la información para que el operador tome decisiones y la gerencia tenga conocimiento de dicha información aportada por el sistema.

La culminación del proyecto tendrá lugar con la finalización y entrega del diseño de hardware y software de la propuesta del Load Shedding a la planta CMPC Laja Chile.

2.6. Limitaciones

En esta propuesta, como en cualquier otra, se presentan ciertas limitantes que aparecen al momento de realizar la investigación primeramente podemos mencionar la barrera geográfica existente para poder acceder a la documentación del sistema actual, la ausencia de planos esquemáticos actualizados de la instalación eléctrica, las hojas de datos de los equipos en funcionamiento ya que resultan difícil de localizar por estar desactualizados y discontinuados por el fabricante, por último la aprobación

de la implementación por parte de la junta directiva de la planta CMPC debido a que aunque el sistema ya este instalado se necesita de una nueva aprobación para la migración o sustitución de los nuevos equipos.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3. 1. Antecedentes

En todo proceso investigativo se hace una recolección de material bibliográfico en relación con el problema planteado, este permite ser fuente de apoyo para el desarrollo de dicho estudio. A continuación, se muestran una revisión documental de publicaciones ubicadas en internet que tienen relación con el tema de estudio, los cuales servirán como base para la elaboración del informe.

Santurino, P. (2016), desarrollo su trabajo de grado titulada **“Diseño coordinado de un esquema de deslastre de carga y un sistema de almacenamiento de energía eléctrica”** de la Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España. Realizo su investigación que tiene como objetivo mejorar la estabilidad de la frecuencia en pequeños sistemas de potencia aislados, considerando que existe la necesidad de implementar un mejor sistema ante las perturbaciones como por ejemplo una pérdida de generación.

Este estudio constituye un aporte debido a que en este proyecto se planteará una mejora para el momento que existen perturbaciones como lo es la pérdida de una de las fuentes de generación eléctrica en la planta deteniendo la producción de la misma.

Sánchez, N. (2014), en su trabajo de grado titulado “**Desarrollo de una metodología simplificada para la disminución de botes de carga en sistemas eléctricos de potencia**” en la Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela. El objetivo principal de la investigación es proponer el desarrollo de una metodología sencilla como alternativa para la disminución de botes de carga en un sistema de potencia. La acción de los botes de carga se efectúa como un complemento a los controles ante contingencias en la red, los cuales son aplicables en situaciones de emergencia en el momento que tenemos deficiencia en el sistema.

Este estudio sirve de referencia ya que la investigación se enfoca a la desconexión de cargas en caso de fallo en la red eléctrica principal.

Pérez, S., López, K., Rodríguez, L. (2016), realizaron una investigación que lleva por título “**Optimal under voltage load Shedding based on voltaje stability index**” en la Universidad Nacional de Colombia. Orientado al deslastre de carga o despeje de carga por baja tensión utilizando técnica de optimización y criterios de estabilidad. Proponiendo dos estrategias tanto para encontrar la cantidad mínima de carga a deslastrar, como la localización en el sistema para recuperar las condiciones normales de operación. Primero basándose en el criterio clásico de despeje de carga por baja tensión, donde se identifica la carga a desconectar considerando ciertos niveles de tensión en la barra del sistema y segundo el índice simplificado de estabilidad de tensión, el cual identifica las barras críticas en el sistema que es sometido a varias perturbaciones.

Esta investigación constituye a un aporte debido a la similitud en lo que se refiere a identificar la carga a desconectar considerando los niveles de la barra del sistema y la importancia de la misma.

3.2. Bases Teóricas

Para la realización de este trabajo es indispensable conocer todas las etapas que conforman el sistema de Load Shedding, despeje de carga o bote carga cuando un sistema entra en emergencia debido a fallas que se puedan presentar con las fuentes generadoras de electricidad.

3.2.1. Load Shedding.

Técnicamente se refiere al proceso de aislar de manera controlada una parte o partes de una red eléctrica, del sistema al cual se le asocia la generación. Esto se traduce en desconectar el servicio de suministro de energía eléctrica a un grupo de beneficiarios.

Se recurre al bote de carga para mantener la integridad de un sistema eléctrico de potencia, ante contingencias que puedan comprometer su estabilidad y producir un colapso. Se han desarrollado esquemas de separación de áreas que permitan dividir al sistema en islas autosuficientes carga/generación.

Para mantener el balance carga/generación de cada isla se requiere que, luego de la separación, de cada isla se ejecute un bote de carga o desconexión de carga selectivo, proporcional a la generación disponible para el momento de la separación, es por ello que se habla de un bote de carga escalonado.

3.2.2. Acción del Load Shedding.

Estos se ejecutan ante las caídas severas y prolongadas de frecuencias, potencias, y voltajes, deben planificarse e implementarse como un complemento a los controles primarios y secundarios, son aplicables como medida de emergencia, deficiencias severas de generación y caídas no controlables.

Es necesario considerar ciertos factores al momento de realizar una desconexión de celdas de carga, en primer lugar, lo dinámico del consumo eléctrico con el tiempo, lo que implica oscilación en las condiciones de estabilidad del sistema

y su cambio minuto a minuto. Si se prevé proteger el sistema para una condición según las circunstancias, el bote de carga puede que no haga la contribución necesaria y el sistema entre en periodos de inestabilidad, causando afectación en la planta donde se encuentre implementado.

Por ellos uno de los retos más importantes es ajustar la desconexión en función de la carga requerida. En segundo lugar, hay que considerar el tiempo de actuación del sistema para evitar un colapso en la planta o la parada inesperada de la misma.

3.2.3. Función del Load Shedding.

Los programas de bote de carga son programas estadísticos y estocásticos que estudian la probabilidad de salida de cada elemento que conforma un sistema y aproximaciones para el sistema como un todo.

Al ocurrir la condición de emergencia eléctrica en cuanto a falla en alguno de las fuentes generadoras el sistema desconectará celdas de carga, y verificará seguidamente de esta desconexión que el sistema siga trabajando de manera regular.

La desconexión será ejecutada como este establecido en los equipos encargados de poner en marcha el Load Shedding, este sabrá con una lista de prioridades ya establecidas en la programación la secuencia de desconexión ejecutándose en segundos para no afectar el resto del sistema.

3.2.4. Consideraciones básicas para el Load Shedding.

En los análisis de desconexión existen dos factores importantes que deben ser considerados, en función de minimizar la cantidad de carga a desconectar y estabilización del sistema en un corto periodo de tiempo.

1. Primero, hacer un estimado ya previamente analizado de los botes de carga en caso de falla de alguna de las fuentes de generación.

2. Optimizar los flujos de potencia y restaurar fracciones de cargas en cortos periodos de tiempo para que no exista colapso ni parada de planta.

Para un estimado de la cantidad de carga que debe ser expulsada, puede ser deducido de acuerdo con lo siguiente:

- Lectura de Potencia.
- Señal de estado de alguna de las fuentes de generación.
- Señal de estado de las Celdas.
- Frecuencias de las fuentes.

3.2.5. Fuentes de Generación.

Consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, solar entre otras), en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones citadas. Estas constituyen el primer escalón del sistema de suministro eléctrico. La generación eléctrica se realiza, básicamente, mediante un generador eléctrico.

Entre las fuentes generadoras de electricidad para la planta CMPC encontramos:

3.2.5.1. Empresa de Suministro Eléctrico (ENDESA): es una central eléctrica capaz de convertir la energía mecánica, obtenida mediante otras fuentes de energía primaria, en energía eléctrica. Esta energía eléctrica generada se envía a través de una red de líneas eléctricas hasta los lugares de consumo.

3.2.5.2. Transformador: es un equipo que se utiliza para convertir, cambiar o ajustar los voltajes con los que se alimenta en su embobinado o devanado primario - normalmente alta tensión (13,000 volts, 25,000 volts o 32,000 volts)- a otros valores más bajos de voltaje de salida en su devanado secundario -normalmente tensiones comunes de uso residencial, comercial o industrial (208/120V - 220/127V - 380/220V - 400/230V o 440/254 volts).



Figura 2. Transformador Tengen
Fuente Tengen (2016)

3.2.5.3. Turbogenerador: equipo utilizado para la generación de energía eléctrica. El término Turbo se aplica en su nombre porque es impulsado por una turbina y el término generador por que el dispositivo impulsado por la turbina es llamado generador (generador eléctrico), también se le llama grupo turbina a vapor alternador.

En el generador, se aprovecha la energía mecánica que entrega la turbina en forma de giro, para convertirla en energía eléctrica por el principio de generación de electricidad de electromagnetismo.

En el turbogenerador también se encuentran integrados algunos sistemas auxiliares y complementarios tales como sistema de enfriamiento, sistema de lubricación, sistema de mediciones, tablero del turbogenerador, cada uno de los cuales veremos de manera particular.



Figura 3. Turbogenerador Siemens
Fuente La revista energética de Chile (2015)

3.2.6. Sistemas de transferencia de energía

Los sistemas de distribución de energía cuentan con diferentes configuraciones en sus sistemas de transferencia, que les permiten operar de manera manual o automática. Dicha configuración suele depender de las necesidades de la carga, de su criticidad, de su importancia y de las demandas de continuidad que presente cada sitio.

Un requisito importante de los sistemas de distribución de energía eléctrica de misión crítica es la necesidad de que funcionen de manera automática. En particular, la transferencia rápida y fiable del sistema de una fuente de energía a otra durante ciertos eventos del sistema es fundamental para el logro de los objetivos de confiabilidad para dicho sistema y la instalación a la que sirve.

3.2.7. Celdas de Distribución

Son unidades modulares normalizadas en las cuales se nos divide en dos grupos: Celdas para fuentes la cual consta de un medidor de energía y estatus, por otro lado, tenemos las Celdas para carga en la que consta de un breaker, una bobina de disparo y equipo de medición de potencia.



Figura 4. Celda de Distribución Schneider Electric
Fuente Tecnología en electrónica y control (2014)

3.3. Definición de términos básicos

- Barras: son conductores de baja impedancia en el cual se conectan separadamente varios circuitos eléctricos, es decir de donde se interconectan las líneas de distribución con el transformador de potencia.
- Bypass: suiche que se activa directamente por el operador el cual indica turbina fuera de servicio.
- Celda de Distribución: son unidades modulares normalizadas, están diseñadas para ser usadas en la distribución eléctrica
- DCS: es un sistema de control aplicado a procesos industriales complejos en las grandes industrias como petroquímicas, papeleras, metalúrgicas, centrales de generación, entre otros.
- DNA: se basa en el conocimiento de desarrollar sistemas de control distribuido (DCS) de Valmet.

- KVM extender: son dispositivos diseñados para aumentar la distancia entre un teclado, un monitor y un mouse (estación KVM) y una computadora.
- Load Shedding: llamado en español desbordamiento de carga, deslastre de carga, bote de carga, desconexión de carga, técnicamente se refiere al proceso de aislar de manera controlada una parte o partes de una red eléctrica, del sistema al cual se le asocia la generación.
- Carga Eléctrica: representa todos los equipos y/o aparatos que para funcionar requieren del consumo de energía eléctrica y pertenecen a un área determinada.
- Reactor: es una bobina que interconecta dos barras la cual es atenuadora de cortocircuito.
- Seccionador: aparato mecánico de conexión que, por razones de seguridad, en posición abierto, asegura una distancia de seccionamiento que satisface a condiciones específicas.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo con Arias (2006) explica el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (P. 16). Este método se basa en la formulación de hipótesis las cuales pueden ser confirmadas o descartadas por medios de investigaciones relacionadas al problema. Por ello que en este capítulo se muestra la metodología a través de la cual se resolverá la problemática planteada, al respecto contiene el tipo y diseño de la investigación y adicionalmente el procedimiento de cómo se van a desarrollar cada una de las fases en las cuales se estructura el presente Trabajo.

4.1. Tipo de Investigación

Este proyecto cumple con la estructura de un proyecto factible, que, según la definición de Arias, (2006) señala que un proyecto factible “Se trata de una propuesta de acción para resolver un problema practico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización” (P. 134), Esta investigación, cumple con la estructura de un proyecto factible o investigación proyectiva, el cual según define Tamayo y Tamayo (2002), como “...una propuesta de estudio o investigación científica dentro de un campo vagamente definido y que se presenta como posible a realizar...”(P. 21).Una vez definido lo antes mencionado, para llevar a cabo el proyecto factible, lo primero que debe realizarse es un diagnóstico de la situación planteada; en segundo lugar, es plantear con basamentos teóricos la propuesta a elaborar y establecer, para llevar adelante la ejecución. Asociado a esto, se realizará

el estudio de factibilidad del proyecto y, por último, la ejecución de la propuesta con su respectiva evaluación.

Este proyecto se apoya en las necesidades detectadas en la planta para luego corroborar con la revisión documental que permita realizar una propuesta que mejore el sistema actualmente instalado en la papelera CMPC, por tanto, consiste en la investigación, elaboración, desarrollo e implementación de una propuesta para la migración de un Load Shedding.

4.2. Diseño de la Investigación

Según Tamayo y Tamayo (2003) “Diseño: Es la estructura a seguir en una investigación, ejerciendo el control de la misma a fin de encontrar resultados confiables y su relación con los interrogantes surgidos de los supuestos e hipótesis-problema” (P. 77). Sabiendo esto, el proyecto que se realizará es de tipo no experimental el cual no lo define Kerlinger (1973) “La investigación no experimental o *ex-post-facto* es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones” (P. 116). De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan sujetos del estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad.

En función de la estrategia utilizada se clasifica este proyecto de investigación en un diseño de campo, ya que la información se obtuvo de la papelera CMPC ubicada en Laja Chile, exponiéndose la investigación de campo, Según Tamayo y Tamayo (2003) “Cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual se denominan primarios; su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en el que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas. Conviene anotar que no toda información puede alcanzarse por esta vía, ya sea por limitaciones especiales o de tiempo, problemas de escasez o de orden ético”, El diseño de la investigación se desarrolla con la finalidad de dar respuesta a los objetivos y a las preguntas que puedan surgir

del estudio planteado. Por lo tanto, este estudio se enmarca en una investigación de campo, ya que los datos son extraídos en forma directa de la realidad y de nuestra mano, a través del uso de instrumentos para recolectar la información.

4.3. Nivel de la Investigación

Este trabajo de grado es descriptivo, según Tamayo y Tamayo M. (2003), en su libro Proceso de Investigación Científica, la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, y la composición o proceso de los fenómenos. El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre grupo de personas, grupo o cosas, se conduce o funciona en presente” (P. 35). Una vez analizado lo anteriormente mencionado, este estudio se considera descriptivo ya que en este trabajo se detallan los requerimientos y elementos del proceso, para la migración del Load Shedding, y así buscar la solución de la problemática planteada.

4.4. Fases Metodológicas

Las fases metodológicas comprenden una estructura paso a paso del seguimiento minucioso de los objetivos específicos ya establecidos en el capítulo I, con los que se pretende cumplir la meta final de esta investigación, de esta forma se establecieron las siguientes fases:

Fase I: Análisis de la arquitectura del sistema Load Shedding instalado actualmente en la planta CMPC Laja Chile.

En esta fase se analiza cuidadosamente el sistema vigente para detectar las fallas que presentan los equipos instalados actualmente en la planta CMPC. Así como también se estudia el funcionamiento de cada uno de los equipos del área para obtener información sobre sus características de trabajo.

Fase II: Determinación de los requerimientos del hardware y software necesarios para la migración del sistema Load Shedding garantizando la confiabilidad, funcionamiento y aplicación de nuevas tecnologías.

Ya conociendo las fallas y dimensionamiento del sistema Load Shedding actual, se estudia con determinación los equipos necesarios para poder realizar la migración del sistema, se determinan los requerimientos necesarios para el hardware y se determina la estructura necesaria para el desarrollo del software.

Fase III: Diseñar la arquitectura del hardware y software requerido para el Sistema Load Shedding en la planta CMPC Laja Chile.

Se procede al diseño de las mejoras tanto del hardware que incluyen el cambio de los equipos Bailey Network 90 a Valmet y el software que implica el programa y la estructura a utilizar.

Fase IV: Proponer la implementación de un Load Shedding previamente diseñado para la migración de un sistema Bailey Network 90 a un Sistema de Control Distribuido DCS Valmet en la planta CMPC Laja Chile.

En esta última fase se hace la propuesta a la empresa de la migración de los equipos y de las mejoras realizadas para brindar la eficiencia y productividad en la planta ante las fallas eléctricas ocasionadas por alguna de las fuentes generadoras de electricidad.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de las técnicas de recolección y análisis de información, para la migración de un load Shedding instalado en un sistema Bailey Network 90 a un sistema de control distribuido DCS Valmet en la Planta CMPC Laja Chile.

A continuación, se evidencia el desarrollo de las fases antes mencionadas en que se compone el proyecto.

5.1. Fase I: Análisis de la arquitectura del sistema Load Shedding instalado actualmente en la planta CMPC Laja Chile.

Inicialmente es necesario conocer la situación actual del Load Shedding instalado en la Planta CMPC de Laja con el sistema Bailey Network 90. Para la obtención de información requerida fue necesario la revisión de documentos e informes de auditorías realizadas con anterioridad por el ingeniero encargado de la implementación ya existente y video conferencias vía Skype con gerentes y personal de la empresa CMPC.

La planta CMPC consta actualmente de cuatro transformadores de 18MVA cada uno, tres turbogeneradores de diferentes capacidades 31.25MVA, 52.5 MVA y 60MVA, dichos generadores son las fuentes de energía propias con las que cuenta la empresa y por último diecisiete celdas para cargas eléctricas, las cuales constan de un (1) breaker principal, con bobina de disparo, contacto seco NO (normalmente abierto) de estatus y un (1) equipo de medición de potencia con señal estándar de 4-20mA.

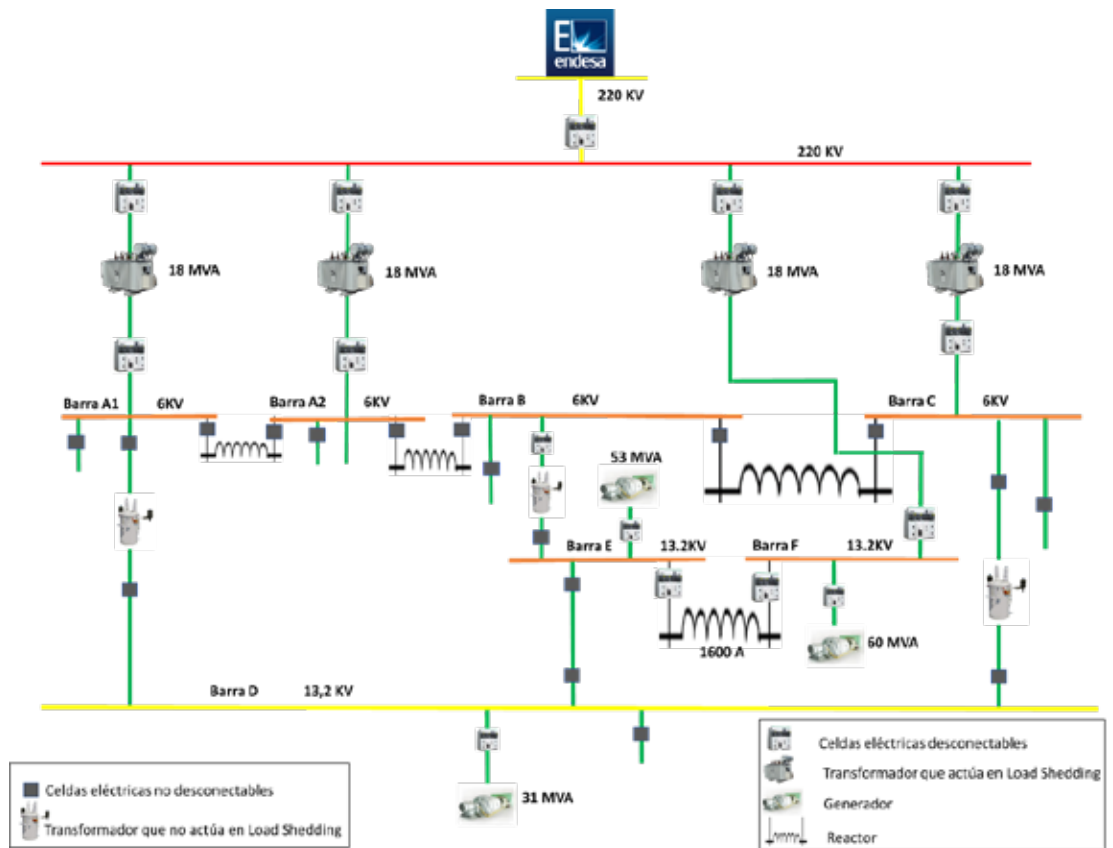


Figura 5. Diagrama
Fuente Marisela Benitez (2018)

Cabe destacar que la planta tiene una capacidad de generación excedente de 17MVA la cual es entregada y vendida a la compañía de electricidad nacional ENDESA.

La descripción de las cargas eléctricas y el de cada una de las fuentes se muestran en los cuadros uno (1) y dos (2).

Item	Celda	Descripción
1	A14	Accto. Máquina 15
2	A15	Máquina 15 S/E 1 y 3
3	A16	Refinador A.C. Máquina 15
4	A21	Planta ERCO
5	A4	Secadora 1
6	A5	Accto. Máquina 12
7	A6	Máquina 12 (Refinador)
8	B15	Rechazo línea Batch
9	B16	Digestores Batch
10	B8	Línea Kamyr / Línea Batch
11	C5	Refinador A.C.
12	D1	Accto.Secadora 2
13	D12	Digestor Continuo
14	D13	Blanqueo 2
15	D2	Secadora 2
16	E10	Clasificación línea 2
17	E9	Deslignificación

Cuadro 1. Descripción de Celdas
Fuente Aplicaciones, C.A (2012)

Item	Celda	Descripción
1		Endesa (Demanda Máxima)
2	044-CPL-01	Interruptor Principal D00
3	A9	Trafo 1
4	A11	Trafo 2
5	C2	Trafo 3
6	F7	TG4
7	F1	Celda F1
8	F5	Celda F5

Cuadro 2. Descripción de Fuentes
Fuente Aplicaciones, C.A (2012)

El Load Shedding implementado en la planta CMPC no es más que un despeje de cargas eléctricas como consecuencia de una emergencia eléctrica. El despeje o desconexión de carga es realizado en secuencia y se ejecuta según diferentes

escenarios y listas de despeje ya establecidos en función de las necesidades de la planta y son pautados o definidos por la gerencia (operaciones y mantenimiento).

A continuación, se mostrarán los diferentes escenarios definidos y listas definidas por la planta CMPC.

Escenario 2		Escenario 3	
Fuente Activa	ENDESA	Fuente Activa	ENDESA + TG3 (Anillo)
Falla	Baja frecuencia ENDESA	Falla	Caída ENDESA (3 TRAFOS)
Despeja	22% Potencia ENDESA (Lista 1)	Despeja	100% ENDESA (Lista 1)
		Falla	Caída TG3
		Despeja	No actúa Load Shedding
NOTA: 1. La señal DIGITAL baja frecuencia ENDESA puede ser deshabilitada por el OPERADOR manipulando el SUICHE BYPASS PROTECCIONES 2. Es generada por un equipo externo.		NOTA: 1. Potencia ENDESA es leído en JI130900 (entrada general ENDESA)	
Escenario 4		Escenario 5	
Fuente Activa	ENDESA	Fuente Activa	ENDESA + TG3
Falla	Baja frecuencia ENDESA	Falla	ENDESA
Despeja	22% Potencia ENDESA (Lista 2)	Despeja	100% Potencia ENDESA (Lista 2)
		Falla	TG3
		Despeja	No actúa Load Shedding
		Falla	TRF4 (D04 y/o F5)
		Despeja	Potencia F5 (Lista 4)
		Falla	Reactor E-F (F1 y/o E11)
		Despeja	Potencia F1 (Lista 3)
Escenario 6		Escenario 7	
Fuente Activa	ENDESA + TG4	Fuente Activa	ENDESA + TG3 + TG4
Falla	ENDESA	Falla	ENDESA o TG3 o TG4
Despeja	Lista 2 <u>Fábrica Importando:</u> .-ENDESA (P _{D00}) SI $P_{TG4} \leq P_{Isla}$.- $(P_{TG4}-P_{Isla})+P_{D00}$ SI $P_{TG4} > P_{Isla}$ <u>Fábrica Exportando:</u> .-NO Despeja SI $P_{TG4} \leq P_{Isla}$.- $(P_{TG4}-P_{Isla})$ SI $P_{TG4} > P_{Isla}$	Despeja	No actúa Load Shedding
Falla	Caída TG4	Falla	TRAF0 4 (D04 y/o F5)
Despeja	No actúa Load Shedding	Despeja	No actúa Load Shedding
Falla	TRAF0 4 o Reactor E-F	Falla	Reactor E-F (F1 y/o E11)
Despeja	No actúa Load Shedding	Despeja	Potencia Importada en F1 (Lista 3)

Cuadro 3. Descripción de los escenarios
Fuente Aplicaciones, C.A (2012)

#	Celda	Descripción
1	C5	Refinador A.C.
2	A6	Máquina 12 (Refinador)
3	B15	Rechazo línea Batch
4	B16	Digestores Batch
5	A4	Secadora 1
6	A15	Máquina 15 S/E 1 y 3
7	A21	Planta ERCO
8	B8	Línea Kamyrr / Línea Batch
9	D13	Blanqueo 2
10	D2	Secadora 2
11	E9	Deslignificación
12	E10	Clasificación línea 2
13	D12	Digestor Continuo
14	A5	Accto. Máquina 12
15	A14	Accto. Máquina 15
16	D1	Accto.Secadora 2

Cuadro 4. Lista # 1: Secuencia de celdas a despeja
Fuente Aplicaciones, C.A (2012)

#	Celda	Descripción
1	C5	Refinador A.C. Máquina 12
2	A16	Refinador A.C.Máquina 15
3	A6	Máquina 12 (Refinador)
4	B15	Rechazo línea Batch
5	B16	Digestores Batch
6	A4	Secadora 1
7	A15	Máquina 15 S/E 1 y 3
8	A21	Planta ERCO
9	B8	Línea Kamyrr / Línea Batch
10	D13	Blanqueo 2
11	D2	Secadora 2
12	E9	Deslignificación
13	E10	Clasificación línea 2
14	D12	Digestor Continuo
15	A5	Accto. Máquina 12
16	A14	Accto. Máquina 15
17	D1	Accto.Secadora 2

Cuadro 5. Lista # 2: Secuencia de celdas a despejar
Fuente Aplicaciones, C.A (2012)

#	Celda	Descripción
1	B15	Rechazo línea Batch
2	B16	Digestores Batch
3	B8	Línea Kamyr / Línea Batch
4	D13	Blanqueo 2
5	D2	Secadora 2
6	D1	Accto.Secadora 2
7	E9	Deslignificación
8	E10	Clasificación línea 2
9	D12	Digestor Continuo

Cuadro 6. Lista # 3: Secuencia de celdas a despejar
Fuente Aplicaciones, C.A (2012)

#	Celda	Descripción
1	B16	Digestores Batch
2	B8	Línea Kamyr / Línea Batch
3	D13	Blanqueo 2
4	D2	Secadora 2
5	D1	Accto.Secadora 2
6	E9	Deslignificación
7	E10	Clasificación línea 2
8	D12	Digestor Continuo
9	A5	Accto. Máquina 12

Cuadro 7. Lista # 4: Secuencia de celdas a despejar
Fuente Aplicaciones, C.A (2012)

5.1.1. Funcionamiento del sistema.

- El sistema despeja solo por pérdida de la Fuente o por baja frecuencia de ENDESA (empresa encargada del suministro eléctrico).
- Se considera que una fuente está fuera de servicio revisando los estados de los interruptores de esta fuente; Las fuentes son las siguientes: ENDESA, TG2, TG3 Y TG4. La desconexión de las celdas eléctricas F1, F5, E11 y baja frecuencia de ENDESA se consideran fallas.
- Una vez detectada una condición de emergencia el programa desconectará celdas y activará una alarma en la consola que indica emergencia eléctrica. Esta señalización permanecerá hasta que desaparezca la condición de falla y el operador reinicie el programa.

- El sistema tiene dos modos de Operación:
 - a) Manual: En este modo el programa sugiere las celdas a desconectar y es el operador quien toma la decisión de despejar o no dichas celdas. La utilidad de este modo es para prueba.
 - b) Automático: El programa despeja accionando directamente a las celdas.
- Existe un comando, accionado por el operador, que se identifica como bypass para fuentes; Cuando está activado el bypass no se declara emergencia eléctrica, al sacarla fuera de servicio.
- El bypass para los transformadores no está disponible.
- El programa desconectará secuencialmente las celdas hasta que la potencia despejada sea igual o mayor que la potencia a despejar. Cada vez que despeja una celda chequea la condición anterior.
- Una vez desaparecida la condición de falla se debe reinicializar el sistema para que desactive la alarma de emergencia en la consola. Se reinicializa activando el comando fin de emergencia (Nota: Esta Señal debe permanecer en la posición NO normalmente)
- En la consola se presentará alarma en una celda, si a ésta se le envía el comando de desactivar celda y ésta no responde.
- Las condiciones para determinar una emergencia eléctrica varían según los escenarios indicados.
- Para detectar que ENDESA se encuentra fuera de servicio el sistema chequea todos los interruptores de cada transformador (tanto los de 220KV como los 6KV).
- La señal de baja frecuencia de ENDESA, que entra al sistema, es digital (ON /OFF). Esta señal está calibrada para dispararse a 49.00 Hz, y corresponde al departamento eléctrico su calibración.

El sistema desconecta por baja frecuencia si el switch de bypass de protecciones está deshabilitado. Este puede ser activado o desactivado por el operador. El cambio de escenario lo realiza el operador manipulando los siguientes comandos: Bypass TG3, Bypass TG4, Bypass fecha y Bypass de protecciones (switch de Sincro-Panel).

Las mediciones de potencias, tanto de fuentes como de celdas se realizan a través de transmisores en campo, en caso de que este transmisor falle o se corte el cable el sistema asumirá una potencia fija la cual es definida por personal de electricidad.

Conociendo todos los elementos presentes en el sistema y como es su funcionamiento se puede dar paso al diagrama unifilar visto desde la consola del operador, que no es más que una representación gráfica de la instalación eléctrica donde actúa el Load Shedding. En este grafico se visualizan las fuentes, el reactor, las celdas de distribución y las barras conductoras. Esta pantalla es visualizada por el operador la cual fue realizada mediante la interfaz ABB Bailey Infi 90.

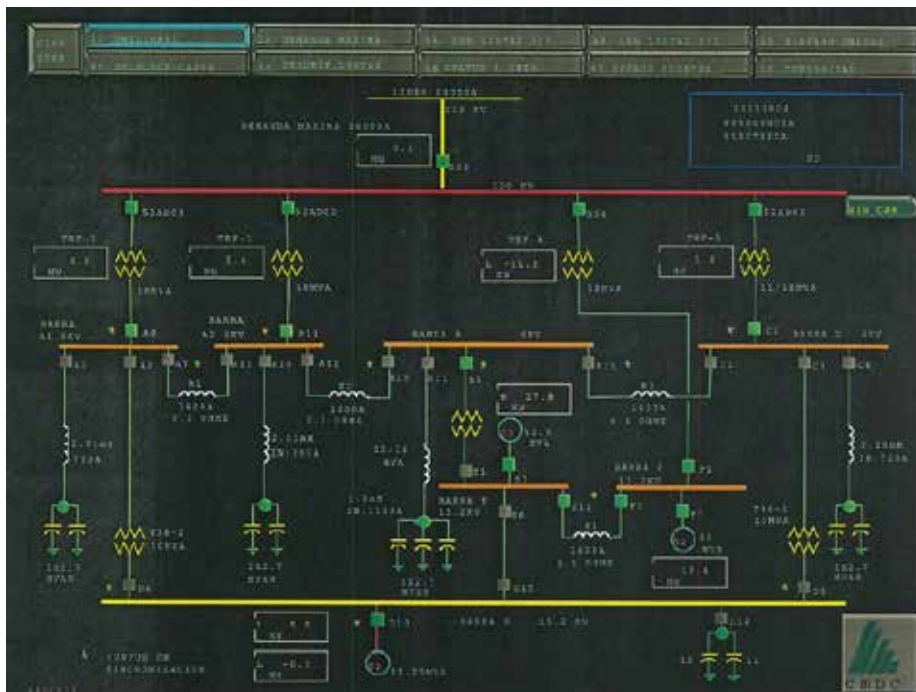


Figura 6. Diagrama Unifilar
Fuente CMPC (2005)

5.1.2. Equipos del sistema.

En el sistema Load Shedding existente encontramos software de interfaz hombre-maquina ABB Bailey Infi 90, el RIS (registrador secuencial de eventos), el controlador, los módulos de I/O (entradas y salidas) tanto analógicas como digitales y por último los terminales donde llega el cable de cada señal.

5.1.2.1. Software de interfaz ABB Bailey Infi 90.

Los sistemas Infi 90 y Net 90 fue desarrollado por Bailey Controls y comprados por ABB en 1998.

5.1.2.2. El RIS (Registrador secuencial de eventos).

Es un registrador con la capacidad de capturar y analizar eventos transitorios de corta duración. Entre alguna de sus características tenemos:

- Sistema de captura y administración avanzado de alarmas con una precisión de 1mseg.
- Montaje en Superficie / Riel DIN / Rack 19”
- Alimentación redundante en CA ó CD.
- Rango de alimentación en CA: 85 a 300VCA 50, 60Hz.
- Rango de alimentación en CD: 100 a 300VCD.
- Contactos de campo seleccionables para normalmente abiertos (N.O.) ó normalmente cerrados (N.C.).



Figura 7. RIS (Registrador secuencial de eventos)
Fuente AMETEK (2005)

5.1.2.3. Controlador IMMFP02.

Es un dispositivo configurable por el usuario que recibe entradas y genera salidas del proceso a través de una variedad de módulos de E / S analógicas y digitales.

El módulo IMMFP02 tiene tres modos de operación: ejecución, configuración y error. En el modo de ejecución, el módulo MFP ejecuta un control de algoritmos mientras se revisa constantemente para detectar errores.

El IMMFP02 tiene diferentes tipos de programabilidad en los que encontramos lenguaje C, BASIC, escalera y códigos de función. En la planta CMPC la configuración del controlador fue hecha de la siguiente manera, la estrategia de control en bloque de funciones y la secuencia de desconexión en un programa BASIC.

La especificación técnica o información general del controlador que se encuentra actualmente en la planta CMPC Laja Chile es la siguiente:

Propiedad	Características
Microprocesador	Procesador de 32 bits (bus externo de 16 bits) a 16 MHz
Memoria total	512 kbytes ROM 512 kbytes RAM 256 kbytes NVRAM
Memoria disponible	347,712 bytes RAM 194,752 bytes NVRAM
Requerimiento de energía	+5 VDC @ 2 A; 10 W típicos
Programabilidad	C, BÁSICO, LOTE, escalera, códigos de función y funciones definidas por el usuario.
Dimensiones	35.56 mm de ancho (1.40 pulg.) 177.80 mm de alto (7.00 pulg.) 298.45 mm de largo (11.75 pulg.)

Cuadro 8. Especificaciones del IMMFP02
Fuente ABB Bailey (2003)



Figura 8. Controlador IMMFP02
Fuente ABB Bailey (2003)

5.1.2.4. Módulos I/O (entradas y salidas) Analógicas y Digitales.

Los módulos de entrada o salida son las tarjetas electrónicas que proporcionan el vínculo entre la CPU del controlador programable y los dispositivos de campo del sistema. A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir datos, o para el mando o control de las máquinas presentes en el proceso. El Load Shedding que existe actual tiene 3 tipos de módulos I/O, que se describen a continuación:

- **IMFEC12:** El módulo FEC es un módulo de 15 entradas analógicas, con microprocesador incorporado, memoria, convertidor analógico a digital y comunicación. El módulo FEC interconecta señales analógicas y digitales de campo. Especificación Técnica del IMFEC12 como se describe a continuación:

Propiedad	Características
Requerimiento de energía: <ul style="list-style-type: none"> · Potencia de Energía 	5 VDC, $\pm 5\%$ a 85 mA típico +15 VDC, $\pm 5\%$ a 25 mA típico -15 VCC, $\pm 5\%$ a 20 mA típico

<ul style="list-style-type: none"> Disparo de potencia <p>Operando</p> <ul style="list-style-type: none"> Entradas analógicas Rango de entradas analógicas Actualizaciones analógicas Voltaje de modo común 	<p>1.1 W típica.</p> <p>15 canales configurados independientes 4 a 20 mA, 1 a 5 VDC, 0 a 1 VDC, 0 a 5 VDC, 0 a 10 VDC, -10 a +10 VDC</p> <p>Conversiones A / D 5 veces / seg. -12 VDC mínimo, +15 VDC máximo Intervalo de entrada de ± 12 VDC (± 1 VDC) Intervalo de entrada de ± 10 VDC (± 5 VDC) Intervalo de entrada de ± 5 VDC (± 10 VDC)</p>
--	---

Cuadro 9. Especificaciones del IMMFP02
Fuente ABB Bailey (2003)

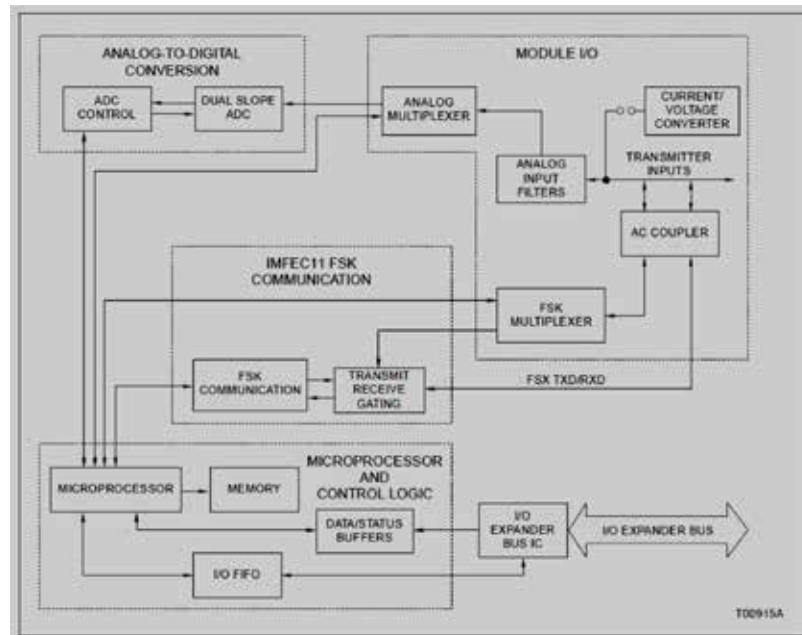


Figura 9. Diagrama de bloque funcional del IMMFP02
Fuente ABB Bailey (2003)

- IMDSI22:** es un módulo que proporciona 16 señales digitales separadas en el sistema de control de gestión para el procesamiento y la supervisión. Conecta las entradas de campo de proceso al sistema. Son los responsables de monitorear los estados tanto de las fuentes como de las celdas eléctricas. Especificación Técnica del IMDSI22 como se describe a continuación:

Propiedad	Características
Tensión de funcionamiento	95 mA a 5 VCC (típico), 115 mA máximo
Entradas digitales	16 canales
Voltaje ($\pm 10\%$)	125 VDC 120 VAC
Corriente	4.5 mA 6 mA
Voltaje de encendido (min.)	90.5 VDC 81 VAC
Tensión de apagado (máx.)	55 VDC 45 VAC
Corriente de entrada máxima al mínimo encendido	2.4 mA en 90.5 VDC 3.8 mA en 81 VAC
Corriente de fuga (max)	1
Tiempo de respuesta DC (filtro de rebote)	

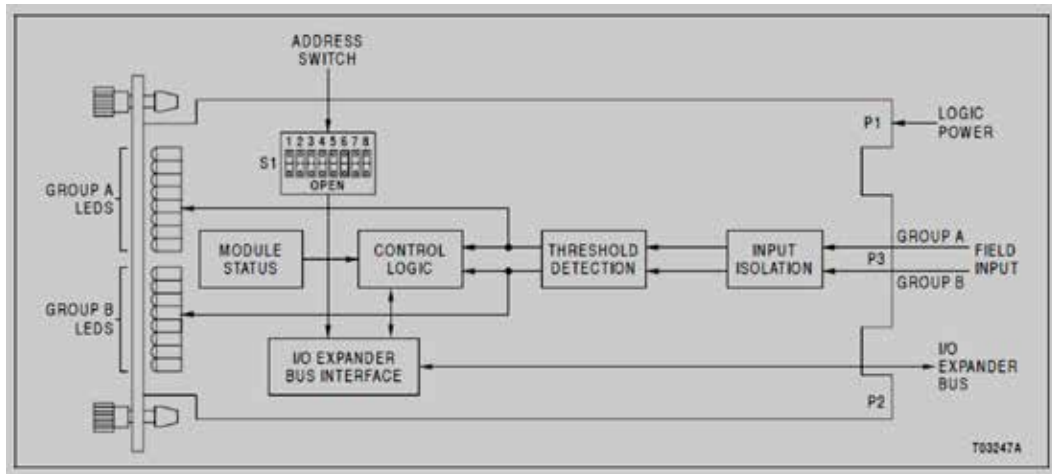


Figura 11. Diagrama de bloque del módulo de entrada digital
Fuente ABB Bailey (2003)



Figura 12. Módulo IMDSI22
Fuente ABB Bailey (2003)

- **IMDSO14:** es un módulo de 16 salidas digitales. El módulo IMDSO14 envía los comandos de desconexión de celdas. Especificación Técnica del IMDSO14 como se describe a continuación:

Propiedades	Características
Requerimiento de energía <ul style="list-style-type: none"> · Voltaje · Corriente · Disipación 	5 VDC ($\pm 5\%$) 275 mA (típico), 370 mA (máximo) 1.375 W (típico), 1.850 W (máximo)
Salidas Voltaje de carga Corriente de carga (máximo) Corriente de Fuga (máximo) Caída de voltaje (máximo) Consumo actual	16 canales 24 VDC, 48 VDC 250 mA (24 VDC), 125 mA (48 VDC) 10 mA a 70 °C (158 °F) 2 V a 70 °C (158 °F) 150 mA (típico), 250 mA (máximo) por salida a 24 VCC 75 mA (típico), 125 mA (máximo) por salida a 48 VCC

Cuadro 11. Especificaciones del IMDSO14
 Fuente ABB Bailey (2003)

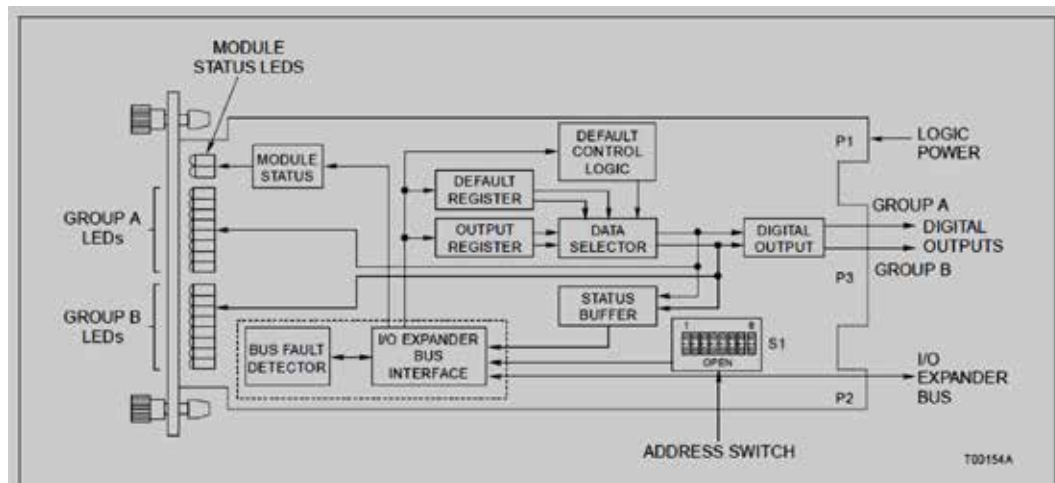


Figura 13. Diagrama de bloque del módulo de entrada digital
 Fuente ABB Bailey (2003)



Figura 14. Modulo IMDSO14
Fuente ABB Bailey (2003)

5.1.2.5. Terminales.

El terminal puede ser simplemente el final de un cable o puede estar equipado con un conector o tornillo. En teoría de circuitos, terminal significa punto donde teóricamente se pueden hacer conexiones a una red. Se describirán las especificaciones técnicas de cada uno de los terminales usados:

1. NRAI01 asociado al módulo IMFEC12

Manufacturer(s): ABB, Bailey

Model(s): ABB Bailey Infi 90, ABB Bailey Infi 90

Dimensions: 5" x 2" x 24" (13 cm x 5 cm x 61 cm)

Weight: 2 lbs 1 oz (0.91 kg)



Figura 15. Terminal NRAI01
Fuente ABB Bailey (2003)

2. NRDI01 asociado al módulo IMDSI22

Product ID: NRDI01

ABB Type Designation: Digital Input Term Unit 990308 MFG

Gross Weight: 7.938 kg

Medium Description: DIGITAL INPUT TERM UNIT



Figura 16. Terminal NRDI01
Fuente ABB Bailey (2003)

3. NRDO02 asociado al módulo IMDSO14

Product ID: NRDO02

ABB Type Designation: RELAY OUTPUT TERM UNIT

Dimensions: 5"x3"x21" (13 cm x 8 cm x 53 cm)

Weight: 3 lbs 1 oz (1.36 kg)



Figura 17. Terminal NRDO02
Fuente ABB Bailey (2003)

5.2. Fase II: Determinación de los requerimientos del hardware y software necesarios para la migración del sistema Load Shedding garantizando la confiabilidad, funcionamiento y aplicación de nuevas tecnologías.

Para la determinación de los requerimientos precisos del software y hardware, se inició realizando un inventario de la cantidad de I/O que requiere el sistema,

seleccionando el controlador que cumpla con los requerimientos del proceso a automatizar, definiendo los módulos de I/O y sus terminales o tablero de conexión cruzada (cross connection boards) y el software para mejorar completamente todo el sistema de Load Shedding.

Mediante el estudio de los requerimientos se encontraron los beneficios que pueden ofrecer los equipos marca Valmet y el software DNA Valmet al sistema, para así descubrir las mejoras que traería la migración de los mismos al sistema Load Shedding existente en la planta.

5.2.1. Software.

5.2.1.1. Sistema de Automatización DNA Valmet.

Valmet DNA es una plataforma de automatización e información para el control de procesos. Combina todos los controles como proceso, operación, control avanzado (optimización) e información en uno solo.

Una sola plataforma para todas las necesidades como controles de procesos, controles de maquinarias, controles de calidad y optimización, controles de manejo, vibración y sistema instrumentado de seguridad.

Valmet DNA puede abarcar desde un sistema de tamaño micro, incluida la interfaz de usuario completamente funcional más pequeña del mundo, hasta los sistemas de toda la planta que admiten organizaciones globales. La arquitectura del sistema Valmet DNA está diseñada para cumplir con los siguientes requisitos:

- Alta fiabilidad del sistema, lograda mediante el uso de componentes del sistema probados.
- Uso flexible, logrado por la funcionalidad operativa en varios lugares.
- Análisis sofisticados y necesidades de información.
- Control avanzado de tareas y algoritmos.

Durante 30 años Valmet DNA se ha basado en el conocimiento del desarrollo de sistemas de control distribuido (DCS). El software se compone de lo siguiente:

5.2.1.1.1. Herramientas del Operador.

La interfaz de usuario de Valmet DNA, intuitiva y directa, permite una rápida solución de problemas y una toma de decisiones eficiente.

Encontrar la causa de las perturbaciones del proceso en las plantas a menudo es un desafío. Muchas veces, la información se dispersa cuando debería poder compararse en la misma pantalla. Al incorporar datos diferentes en una interfaz, podemos crear herramientas que brindan una visión general, facilitando la solución de problemas y la toma de decisiones.

Las funciones están especialmente diseñadas pensando en los profesionales de producción. Los gráficos de proceso brindan al usuario una visión exacta de la estructura y situación.

La navegación gráfica, la visualización de los datos históricos desde los mismos gráficos del proceso y el flujo de información a la red del sistema son muestras para que el usuario tenga un enfoque directo de la interfaz. Desglosándose las herramientas del operador de la siguiente manera:

- **Valmet DNA Operate:** Es la interfaz de usuario utilizada para operar y ver todos los eventos del proceso. Valmet DNA Operate facilita operaciones de alarma eficientes con una resolución de 1 ms que muestra la secuencia de eventos que conduce rápidamente a las raíces de la perturbación.

Esta interfaz cuenta con un soporte de vista total, es decir, visión general de imágenes de procesos y subprocesos, capacidades de navegación rápidas y versátiles, acceso rápido y directo a la información y conocimientos con fácil vinculación, navegación fácil de aprender desde la imagen general a una imagen más detallada, acceso con un clic a los gráficos del proceso de alarma, acceso con un clic a las imágenes más utilizadas, comparación de curvas de tendencia, entre muchas más.

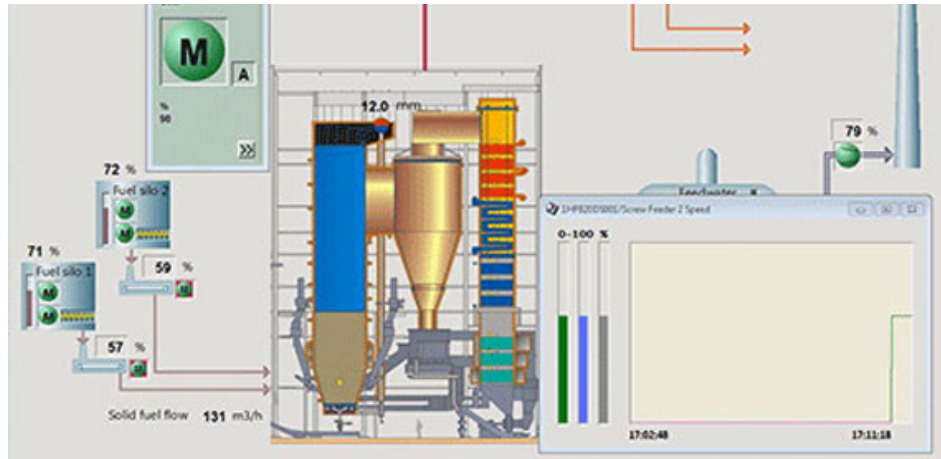


Figura 18. Valmet DNA Operate
Fuente Valmet (2016)

- Valmet DNA Operate – Remote Operations:** Puede acceder a las imágenes de proceso de la sala de control de forma remota desde una oficina o ubicación remota. Tiene exactamente las mismas características y todas las mismas herramientas que cuando se usa localmente en la sala de control. Normalmente, todas las operaciones de proceso están deshabilitadas en DNA Operate en uso remoto, es decir, solo se puede usar para ver la situación en la planta.

En las plantas modernas, generalmente existe la necesidad de acceder a la información de operación y producción de forma remota. A través de Valmet DNA, esto se lleva a cabo utilizando el servidor remoto y el cliente remoto Valmet DNA Operate Remote.

El servidor remoto DNA almacena todas las imágenes de proceso, y los clientes remotos DNA pueden acceder a estas imágenes. Esto ofrece a los usuarios remotos la posibilidad de acceder a las mismas imágenes y herramientas que se utilizan en la sala de control. La misma información, herramientas, alarmas, funciones de historial, informes, etc. están disponibles, igual a los de la sala de control. Todo esto puede llevarse a cabo desde la

computadora personal del usuario que tiene instalado DNA Operate Remote Client.

- **Trend and Event Archive:** También conocido por las siglas TEA. El archivo de tendencias y eventos es una extensión funcional de la sala de control que brinda a los usuarios acceso al historial de tendencias y eventos directamente desde la interfaz del operador de DNA. Esto les da una nueva dimensión a las operaciones de proceso, ya que un usuario puede utilizar el historial de procesos recopilados con tendencias, repetición y herramientas de análisis de alarmas y eventos en un mismo entorno.

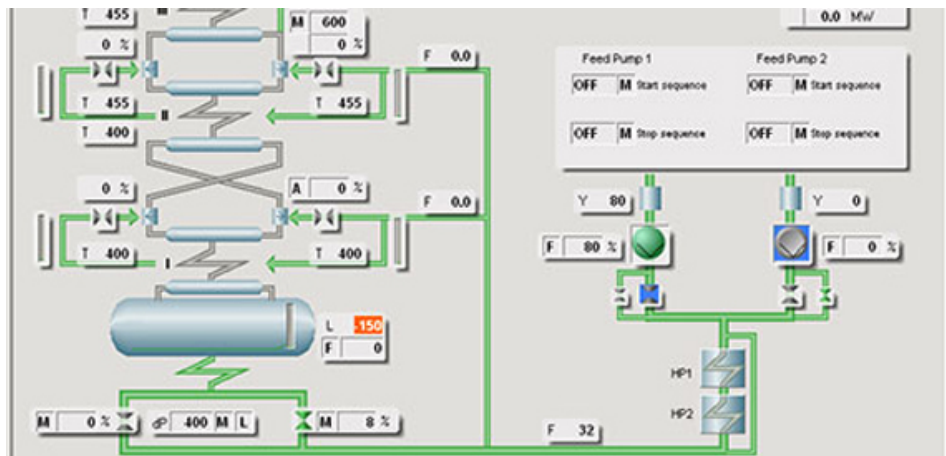


Figura 19. Valmet Trend and Event Archive
Fuente Valmet (2016)

- **Reports:** Aquí se garantiza una interacción perfecta entre las personas y los procesos en su planta, fábrica u organizaciones corporativas. Contiene todas las herramientas de creación de informes y análisis configuradas individualmente para cada usuario.

Incluye todas las funciones y cálculos de informes necesarios para crear informes web sin ningún conocimiento de programación (HTML o SQL),

cualquier informe se puede exportar a PDF o MS Excel con un solo clic del ratón.

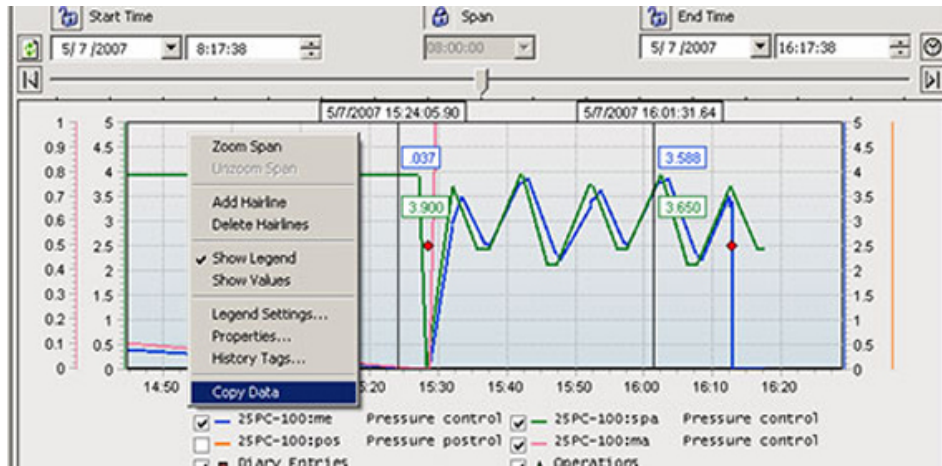


Figura 20. Valmet Report
Fuente Valmet (2016)

- **Report, Alarms and Events Analyzing:** El informe de alarmas y análisis de eventos de Valmet DNA ofrece una excelente oportunidad para mejorar la utilización de la información, no solo reaccionando a las alarmas de manera más eficiente, sino también mediante la mejora continua. Además de las mediciones de proceso, los datos de alarma y eventos son una fuente valiosa de información cuando se analizan las perturbaciones operativas. Se puede ver una secuencia de eventos en un solo informe.

Almacena automáticamente todas las alarmas y los eventos desde el DNA. Los datos históricos recopilados se pueden reportar y analizar mediante el uso de herramientas intuitivas y fáciles de usar que se ejecutan en el portal de informes de DNA de Valmet junto con otras herramientas.

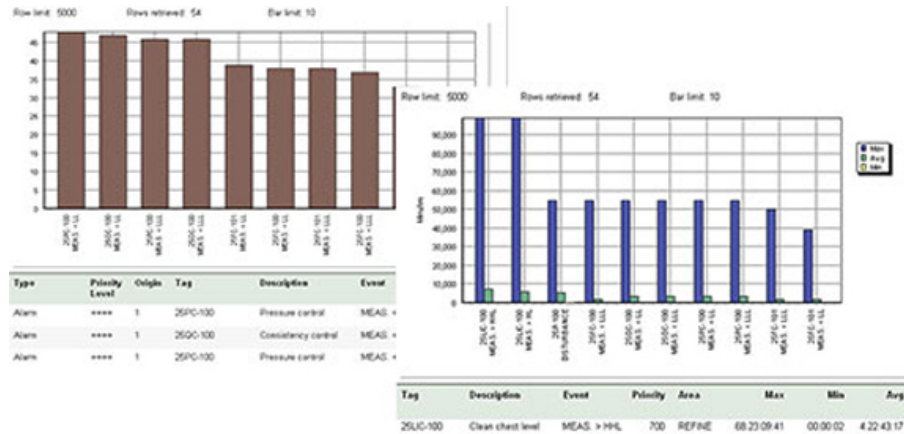


Figura 21. Valmet Report, Alarm and Event Analyzing
Fuente Valmet (2016)

- Report Diary:** Es un diario electrónico de datos de producción. Se utiliza para recopilar, almacenar, analizar e informar sobre todos los eventos y conocimientos relacionados con la producción. El diario permite una rápida comunicación y aprendizaje dentro de una organización de producción.

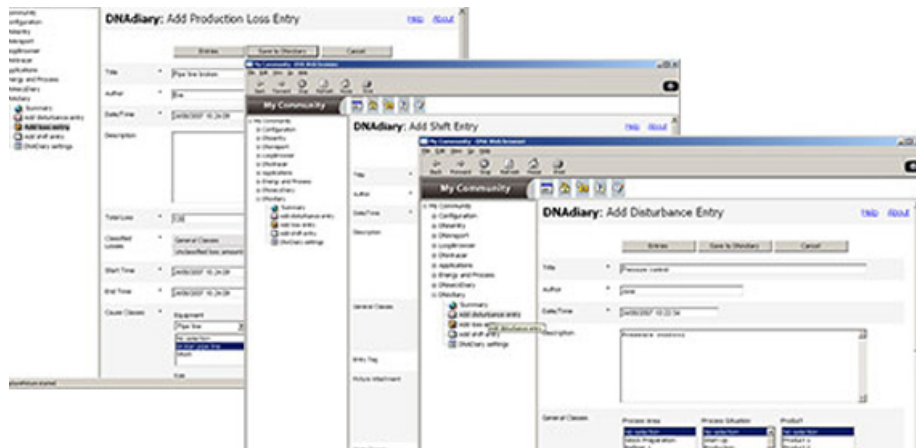


Figura 22. Valmet Report Diary
Fuente Valmet (2016)

- Historian:** Las plantas de proceso modernas generan una gran cantidad de datos en tiempo real que a menudo tienen que almacenarse y procesarse de

manera eficiente para su posterior análisis. El historiador de Valmet DNA resuelve esto combinando interfaces de proceso, cálculos y bases de datos en una solución uniforme.

Se pueden recopilar en línea hasta 50,000 tags y todas las alarmas y eventos. La recolección de datos históricos está limitada por el espacio disponible en el disco duro. Los datos antiguos se pueden archivar para su uso posterior.

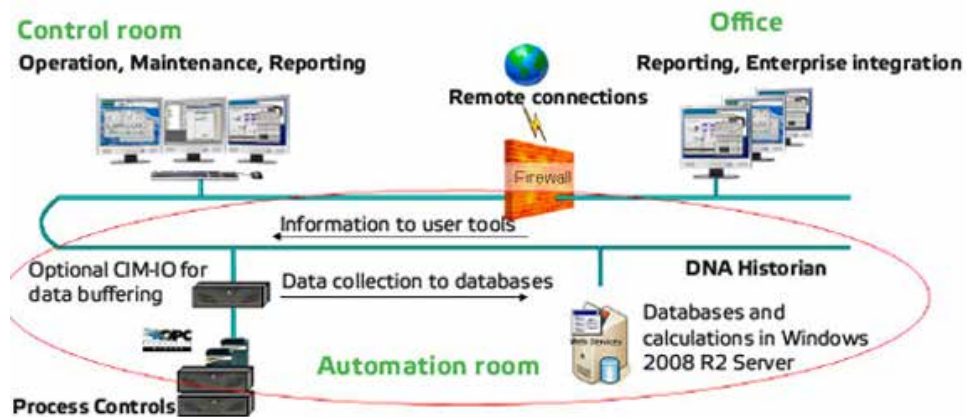


Figura 23. Valmet Historian
Fuente Valmet (2016)

5.2.1.2. Controles.

La eficiente familia de controladores ACN de Valmet garantiza una plataforma confiable para todos sus controles y conexiones externas. Estos controladores llamados por el fabricante como Process Control System por sus siglas en inglés PCS son compatibles con las E/S ACN modernas y los principales buses de campo de la industria, como PROFIBUS, FF (Fieldbus Foundation) y AS-i. Los enlaces estándar como OPC, Ethernet y enlaces en serie como MODBUS aseguran una excelente conectividad a sistemas de terceros.

La potencia de la familia de controladores ACN radica en que se trata de una PC industrial a la cual se le carga un software de control que incluye controles básicos y avanzados.

La conexión entre los controladores y las señales de campo se realiza a través de módulos de E/S ACN también fabricados por Valmet, para cada tipo el fabricante tiene un módulo de E/S especial.

Los buses de campo han ganado terreno en el control de dispositivos inteligentes, motores y convertidores de frecuencia. Pueden ofrecer diagnósticos mejorados, diseño flexible y fácil puesta en servicio.

Valmet DNA integra todas las soluciones de bus de campo, con fácil parametrización y diagnóstico en línea de los dispositivos de campo.

Los controladores ofrecen beneficios reales para el usuario, incluidos ciclos de control de hasta 20 ms, así como escalabilidad incluso para los sistemas más pequeños. La confiabilidad se asegura mediante el uso de componentes industriales, un concepto avanzado de repuestos, redundancia y una estructura de red estable.

5.2.1.3. Herramientas de ingeniería y mantenimiento.

Todo el software de configuración de los componentes del sistema Valmet DNA en su totalidad conforman las herramientas de ingeniería del sistema. Estas herramientas se instalan en una plataforma de hardware tipo cliente-servidor. Un sistema de control puede tener un servidor con múltiples clientes o múltiples servidores con múltiples clientes.

La configuración de todo el sistema se maneja desde este servidor de ingeniería las herramientas básicas son las siguientes:

- **DNA Explorer:** Es el corazón de la ingeniería y el mantenimiento de Valmet DNA, el cual ofrece una herramienta de configuración y mantenimiento fácil de usar para todas las aplicaciones de control, buses de campo y dispositivos de campo, así como para la gestión de documentos en red.

DNA Explorer es eficiente tanto en ejecuciones de proyectos a gran escala como en tareas de mantenimiento de un ciclo también proporciona a los operadores de su planta e ingenieros de mantenimiento un entorno

multiusuario escalable y extensible desde sistemas pequeños a grandes. DNA Explorer también permite la ingeniería remota. La prueba de funcionamiento es una forma de asegurar la funcionalidad de la aplicación de control. Puede estar seguro de que la aplicación de control está funcionando antes de descargarla al controlador.

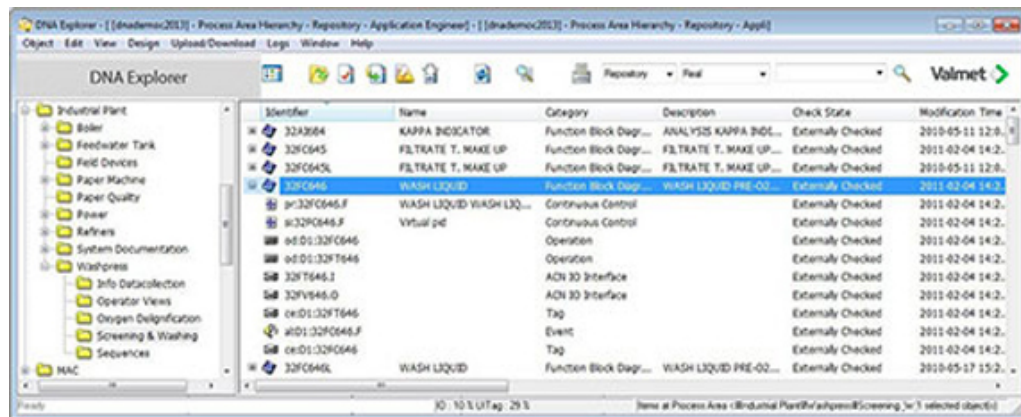


Figura 24. Valmet DNA Explorer
Fuente Valmet (2016)

- **Function Block CAD:** es una herramienta de configuración de los controladores familia de los ACN. La estrategia de control se construye gráficamente utilizando funciones de control que luego es cargada en el controlador. La herramienta FbCAD proporciona a los ingenieros una librería aproximadamente de 190 funciones de control que permitirá implementar las estrategias de control.

Los diagramas de bloques de funciones o archivos de configuración se guardan en un repositorio común ubicado en el servidor de ingeniería. Al mismo tiempo, un diagrama de bloques de funciones es un documento gráfico de una aplicación, que se carga en el entorno de ejecución. Esto asegura que la documentación esté siempre actualizada.

Valmet DNA proporciona bloques de funciones para los controles en todos los niveles, incluido el control de procesos básicos, control de calidad y

los y los controles de optimización. Los bloques de función Fuzzy, MPC y Java están disponibles como estándar. La misma herramienta se utiliza para todos los diseños de control, creando un beneficio real desde un punto de vista de mantenimiento.

1. **Secuencia de Ingeniería CAD:** Se utiliza para diseñar diagramas de secuencia, es decir, programas de secuencia. Los diagramas de secuencia constan de funciones de configuración, que pueden incluir los controles de secuencia del servidor de control de procesos, así como las funciones de etiqueta, operación, imagen de paso y evento de la sala de control.
2. **Picture Designer:** Es la herramienta de diseño de los gráficos de operación. Con esta herramienta se puede crear los gráficos del proceso, utilizando una amplia biblioteca de dispositivos tridimensionales, tanques, tuberías y otros componentes del proceso que luego son cargados en las estaciones de operación.
3. **Virtual Valmet DNA – Entorno de Prueba:** Es una interfaz de prueba gráfica para ingenieros. Muestra los datos en vivo en un diagrama CAD, lo que permite al usuario ver cómo funciona la aplicación de control.

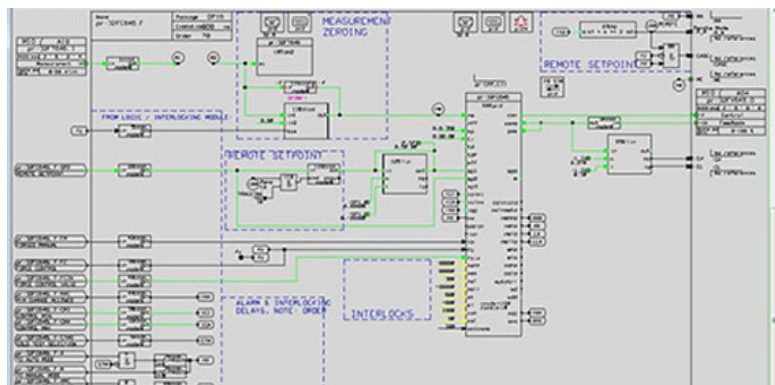


Figura 25. Valmet Function Block CAD

Fuente Valmet (2016)



Figura 27. Valmet Field Device Manager
Fuente Valmet (2016)

- **Engineering Loop Auto Tuner:** Proporciona la sintonización de los controladores PID. La herramienta está integrada en la interfaz de usuario de Valmet DNA operate, para que la herramienta esté siempre disponible en la interfaz de usuario cuando sea necesaria. Simplemente haciendo clic derecho en el controlador, se selecciona la función de ajuste en el menú de acción.

El proceso de ajuste automatizado para un controlador PID, consiste en hacer pruebas de respuesta en los lazos de control, identificación de modelos, cálculo de parámetros y simulaciones. Es fácil de usar en escenarios de sintonización normales (lazos de control en modo automático local, sin perturbaciones importantes al proceso).



Figura 28. Valmet Engineering Loop Auto Tuner
Fuente Valmet (2016)

- Control Performance:** Los lazos de control que funcionan mal provocan variaciones en la calidad, afectan la vida útil del equipo de campo y aumentan el consumo de productos químicos caros. Integrado dentro del sistema de automatización DNA de Valmet, el servicio de optimización proporciona monitoreo automático del rendimiento de control.

Es parte de sus soluciones industriales de Internet. La solución le proporciona una mejor gestión de la producción, y los lazos de control correctamente ajustados que mejoran la eficiencia del proceso y la calidad del producto final.

Entre lo que podemos mencionar esta la detección de dimensionamiento incorrecto de válvulas, el informe de fallas del actuador, generan listas de trabajo para paradas programadas y detectan “golpeteo” que desgastan los actuadores.

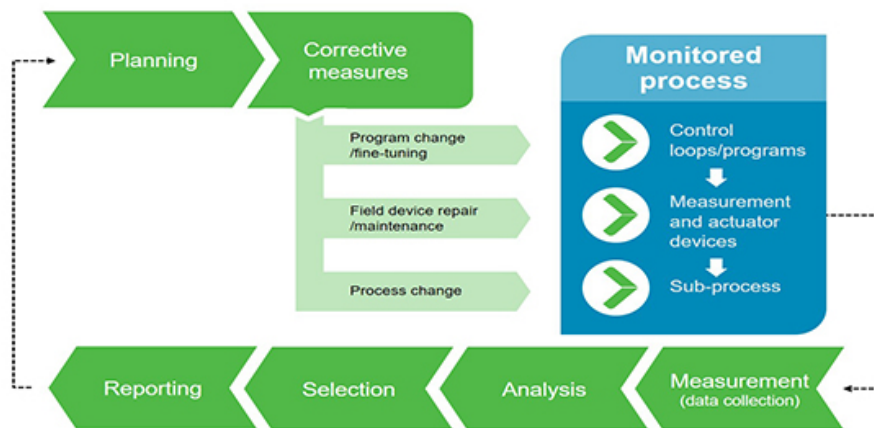


Figura 29. Valmet Control Performance
Fuente Valmet (2016)

- **Life Cycle Approach:** La capacidad de adaptarse a las necesidades futuras es un factor decisivo en una inversión en automatización. Valmet DNA garantiza la seguridad futura de su inversión en automatización.

Valmet DNA vive y se desarrolla de acuerdo con las necesidades de la planta, proporcionando una solución eficiente y segura durante todo su ciclo de vida.

Los sistemas Valmet DNA se pueden actualizar en secciones, y los equipos y aplicaciones existentes se pueden usar en el sistema actualizado. No es necesario volver a escribir las aplicaciones existentes cuando se cambia el hardware. La red del sistema también puede contener diferentes subsistemas de generación o incluso diferentes generaciones de productos dentro de un solo sistema, lo que significa que las nuevas características del producto se pueden agregar fácilmente.

5.2.1.4. Enlaces a sistema de terceros.

Valmet DNA es un sistema abierto que contiene interfaces, compatibles con los estándares más utilizados. El sistema tiene la capacidad de comunicarse con sistemas externos a través de enlaces de software o enlaces cableados. Se admiten estándares

de uso común como OPC Server / Client, XML, PROFIBUS y Foundation Fieldbus. Hay varios protocolos compatibles disponibles que utilizan protocolo serie o el protocolo Ethernet.

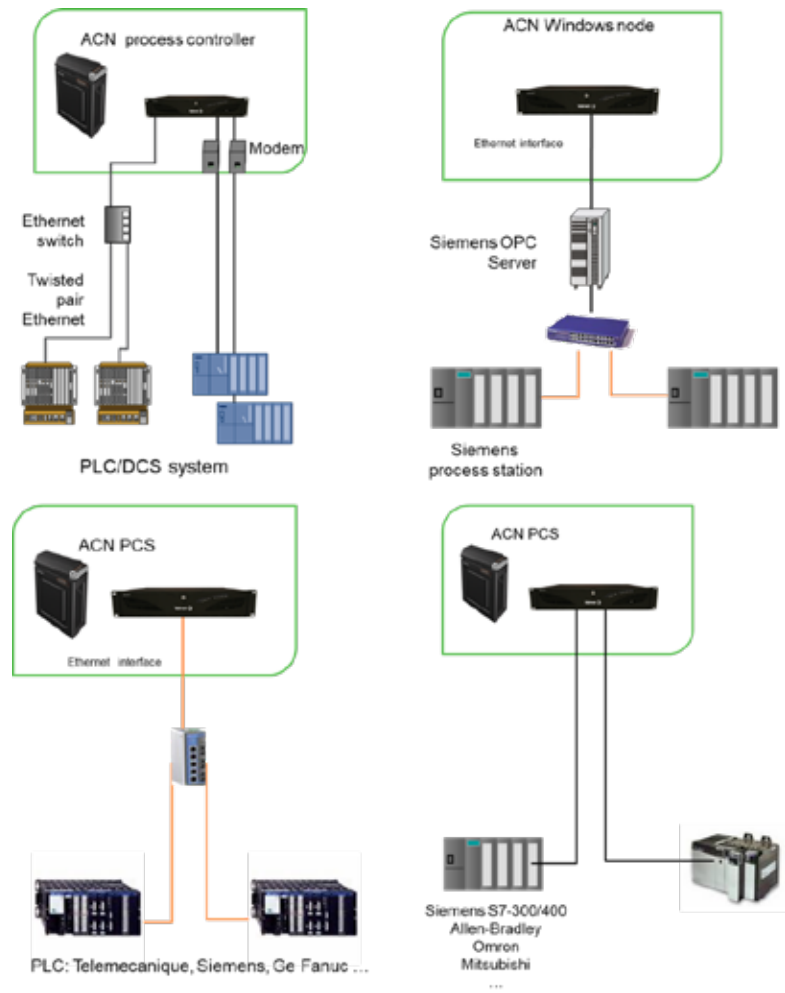


Figura 30. Enlaces a Terceros
Fuente Valmet (2016)

5.2.2. Hardware.

5.2.2.1. Controlador Valmet.

Se podría empezar definiendo que es un controlador, este es una tecnología industrial orientada al control automatizado, al diseño de prototipos y a la medición, es un conjunto formado por un controlador (una CPU típicamente), módulos de entradas y salidas, y uno o múltiples buses de datos que lo interconectan todo.

El principal uso de los controladores de Valmet es ejecutar las estrategias de control estándar (lazos de control simples, cascada, relación) y avanzadas (control de calidad, optimización, supervisión y predicción de vibraciones y aplicaciones especiales). En la familia de controladores que maneja Valmet tenemos cuatro tipos el ACN RT que es un controlador para sistemas grandes, el ACN CS un controlador compacto para sistemas medianos, el ACN MR un controlador para montajes en rieles tipo PLC y para aplicaciones medianas, por último, el ACN SR1 un pequeño controlador montado en riel para aplicaciones pequeñas. Desglosando las características de cada uno tenemos lo siguiente:

1. ACN RT

- Controlador potente para aplicaciones centralizadas de alto procesamiento.
- Aplicación y comunicación compatible con otros controladores DNA Valmet.
- Alto rendimiento y múltiples buses de campo.
- Se utiliza para los controles de procesos, conectividad, controles rápidos de la máquina y para controles avanzados como controles multivariables y Fuzzi Logic.
- Capacidad de E/S 500-6000, rack centralizado y distribuido.



Figura 31. Controlador ACN RT
Fuente Valmet (2016)

2. ACN CS

- Es una plataforma de control para aplicaciones centralizadas y distribuidas.
- Aplicación y comunicación compatible con otros controladores DNA Valmet.
- Se utiliza para controles de proceso, conectividad, máquina rápida.
- Es un multifunción de alto rendimiento.
- Capacidad de E/S 500-4000, ciclos de control de 20 ms a 64 s, típicamente 400 ms.
- Enfriamiento sin ventilador.



Figura 32. Controlador ACN CS
Fuente Valmet (2016)

3. ACN MR

- Es un controlador multifuncional
- Se usa en aplicaciones centralizadas, distribuidas e integradas.
- Puede ser usada en aplicaciones independientes con o sin conexión a sistema Valmet.
- Aplicación y comunicación compatible con otros controladores DNA Valmet.
- Configuración del segmento Profibus almacenada en la base de datos de ingeniería.
- Capacidad de E/S 100-3000.



Figura 33. Controlador ACN MR
Fuente Valmet (2016)

4. ACN SR1

- Es un controlador que está diseñado para aplicaciones integradas y autónomas.
- Aplicación y comunicación compatible con otros controladores DNA Valmet.
- Puede ser usado como controlador separado, conectado a ACN E/S y usando una fuente de alimentación separada o integrada con E/S y fuente común.

- Se puede utilizar en combinación con ACN RT, ACN CS.
- Ciclos de control rápidos, hasta 20 ms.
- Capacidad de E/S máxima 256.



Figura 34. Controlador ACN SR1
Fuente Valmet (2016)

5.2.2.2. Módulos de I/O Valmet.

Estos módulos se encargan del trabajo de intercomunicación entre los dispositivos industriales exteriores al controlador y todos los circuitos electrónicos de baja potencia que comprenden a la unidad central de proceso del controlador, que es donde se almacena y ejecuta el programa de control.

Los módulos de entrada y salida tienen la misión de proteger y aislar la etapa de control de todos los elementos que se encuentran fuera de la unidad central de proceso ya sean sensores o actuadores.

Para Valmet son una familia moderna de E / S que combina las mejores características centralizadas y distribuidas en un diseño compacto, Simplifica el diseño del sistema, el montaje del gabinete y la puesta en marcha. Las características de estos módulos son:

- Velocidad - Controles rápidos hasta 20 ms.
- Diagnóstico extenso.

- **M120** es para cuando se requiere alto voltaje de aislamiento y para sensores de vibración.
 - Montaje en riel.
 - Máximo de 16 módulos por grupo.
 - Tienen una tensión de aislamiento de 1500 VCA entre la parte lógica y los canales de E / S.
 - Utilizan la misma fuente de alimentación y unidades de controlador que otras unidades de E / S de ACN.



Figura 36. Modulo I/O M80
Fuente Valmet (2016)

5.3. Fase III: Diseño de la arquitectura del hardware y software requerido para el Sistema Load Shedding en la planta CMPC Laja Chile.

Luego de cumplidas las dos primeras fases se entra en un punto fundamental como es el diseño de la arquitectura para nuestro sistema Load Shedding, entre los cuales está el levantamiento de los componentes necesarios del hardware y el sistema a emplear para el software.

Ya conociendo los equipos de Valmet con los que se podrán sustituir los existentes en el sistema del Load Shedding se procede a realizar un estudio más

minucioso para las mejoras necesarias, seguidamente se realizara una comparación de los beneficios que nos ofrecen dichos equipos.

5.3.1. Hardware.

Para el diseño de la arquitectura del hardware se empezará hablando del sistema eléctrico presente en la planta como se ha mencionado en otras oportunidades el cual está compuesto por fuentes de energía, cargas, sistemas de interconexión de barras o reactores considerados en el sistema del Load Shedding.

Empezando por las fuentes, la energía principal viene suministrada por ENDESA (una entrada principal en 220 KV) mediante cuatro transformadores los cuales se conectan a las barras de 6 KV y tres turbogeneradores que van conectados a barras de 13.2 KV.

Reactor o atenuador de cortocircuito, el sistema posee cuatro, pero solo uno es el que interviene en el Load Shedding, dicho reactor conecta la barra E con la barra F mediante dos celdas de distribución la E11 y la F1.

En cuanto a las cargas se encuentran diecisiete celdas de distribución ya nombradas anteriormente e identificadas cada una de ellas, las cuales se distribuyen entre el patio de madera, maquina papelera, secadora, entre otros.



Figura 37. Elementos del sistema eléctrico
Fuente Marisela Benitez (2018)

Una vez realizado el esquema entre las fuentes, reactores y cargas se tiene una idea más clara de cómo se compone el sistema en la planta CMPC, seguidamente se especifica cada elemento en un cuadro estudiando la medición de potencia (AI), el estatus (DI) y disparo (DO) para así ubicar la cantidad de I/O necesarias para el proyecto y con esto el controlador requerido para el sistema.

Fuentes	Entradas Analógicas (AI)	Entradas Digitales (DI)	Salidas Digitales (DO)
Endesa	1	1	0
Transformador 1	1	2	0
Transformador 2	1	2	0
Transformador 3	1	2	0
Transformador 4	1	2	0
Turbogenerador 2	1	1	0
Turbogenerador 3	1	1	0
Turbogenerador 4	1	1	0
Frecuencia ENDESA	1	0	0
Frecuencia TG2	1	0	0
Frecuencia TG3	1	0	0
FrecuenciaTG4	1	0	0
TOTAL	12	12	0

Cuadro 12. Calculo de I/O para las fuentes
Fuente Marisela Benitez (2018)

Una vez finalizado y totalizado el cuadro de las fuentes con sus entradas y salidas tanto analógicas como digitales procedemos a los cálculos para el reactor y las diecisiete celdas de distribución eléctrica presente en el Load Shedding.

Reactor y Celdas	Entradas Analógicas (AI)	Entradas Digitales (DI)	Salidas Digitales (DO)
Reactor	1	2	1
Celda 1	1	1	1
Celda 2	1	1	1
Celda 3	1	1	1
Celda 4	1	1	1
Celda 5	1	1	1
Celda 6	1	1	1
Celda 7	1	1	1
Celda 8	1	1	1
Celda 9	1	1	1
Celda 10	1	1	1
Celda 11	1	1	1
Celda 12	1	1	1
Celda 13	1	1	1
Celda 14	1	1	1
Celda 15	1	1	1
Celda 16	1	1	1
Celda 17	1	1	1
TOTAL	18	19	18

Cuadro 13. Calculo de I/O para el reactor y las celdas
Fuente Marisela Benitez (2018)

Finalizado ambos cuadros y haciendo la sumatoria entre lo calculado para las fuentes, el reactor y las celdas de distribución se concluye que el sistema necesitara 30 entradas analógicas, 31 entradas digitales y 18 salidas digitales, una vez realizado dichos cálculos procedemos hacer un análisis de los módulos resultantes y los módulos requeridos para el montaje del sistema.

Módulos	I/O Mínimos Requeridos	Ajustes de I/O	I/O Diseño
Entrada Analógica (AI)	30	32	64
Entrada Digital (DI)	31	32	64
Salida Digital (DO)	18	24	32
Total	79	88	160

Cuadro 14. Calculo Total de I/O
Fuente Marisela Benitez (2018)

NOTA:

1. **I/O mínimo requerido:** número de I/O calculados anteriormente.
2. **Ajuste de I/O:** número de I/O por modulo según el mínimo requerido.
3. **I/O diseño:** incluye la reserva más dimensionamiento mínimo estándar.

Sabiendo las cantidades de I/O requeridas se seleccionará el controlador, el módulo I/O y los terminales, dando como resultado lo siguiente:

- Controlador ACN-MR Marca Valmet (los controladores ACN-MR y ACN SR1 manejan el tipo y la cantidad de I/O requeridas, pero se escoge el MR por tener puerto de conexión con el sistema existente).
- Modulo ACN M80 I/O Marca Valmet
- Terminal FCS (terminales de resorte) Marca Valmet.

5.3.2. Software.

Para el diseño de la arquitectura en cuanto a software se trata, Valmet DNA es una plataforma de automatización e información para el control de procesos. Combina todos los controles tales como proceso, supervisión, optimizaciones y monitoreo de condición mecánica en una sola plataforma.

En la fase anterior se investigo acerca de todos los elementos que contiene el software de Valmet dándonos una conclusión certera de que ofrece una compatibilidad de aplicaciones, es fácil de usar, flexible, brinda confianza y una de

las cosas más importantes es que tiene larga experiencia en el desarrollo de sistemas de control.

El componente software del sistema esta conformado por las siguientes herramientas: consola de operación y estación de ingeniería, todas estas herramientas instaladas en un único servidor.

La estación de ingeniería posee muchas aplicaciones las cuales son instaladas en el servidor como se dijo anteriormente y son utilizadas dependiendo de la necesidad del cliente entre las cuales encontramos DNA explorer, Function Block CAD, Network Designer, Device Manager, entre muchas otras.

Las licencias Bases donde se encuentran interfaz del usuario (User interface DNA opérate), procesador de alarmas (Alarm processor ALP), Copia de seguridad (Backup server BU) y herramientas de diagnósticos (Diagnostics tools DIA).

Por último, la licencia el PCS (Process Control System) que no es mas que el controlador que se utilizara en el Load Shedding.

Concluyendo con el diseño de la arquitectura del sistema de Load Shedding tenemos:

- Consola de Operación se localiza en la sala de control, y está compuesta por dos monitores, un teclado, un KVM extender y una impresora láser a color.
- Gabinete Valmet compuesto por una PC tipo rack, un KVM extender, controlador y módulos I/O.
- Celdas de distribución (ya existentes)

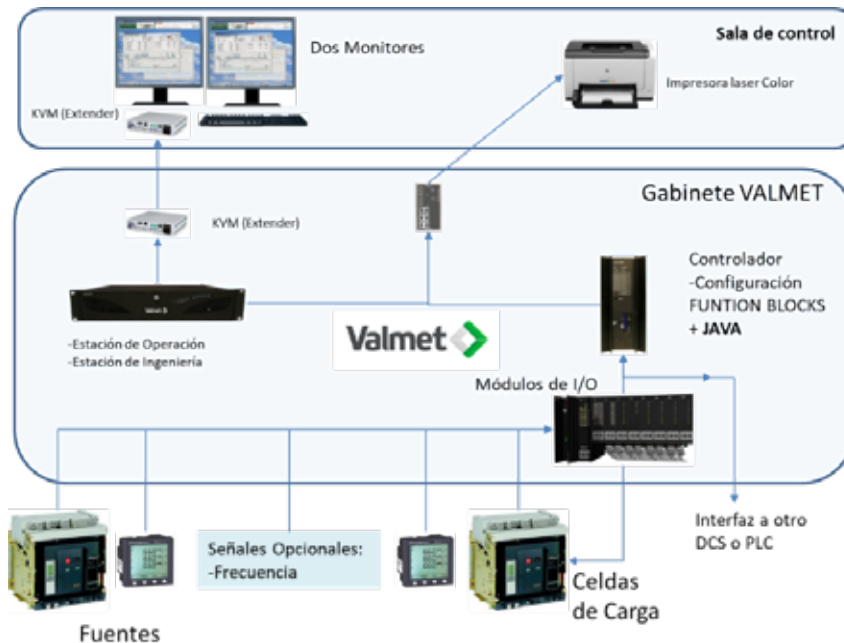


Figura 38. Arquitectura del Load Shedding
Fuente Marisela Benitez (2018)

5.4. Fase IV: Propuesta de implementación de un Load Shedding previamente diseñado para la migración de un sistema Bailey Network 90 a un Sistema de Control Distribuido DCS Valmet en la planta CMPC Laja Chile.

Realizados ya los estudios previos en cuanto al hardware y software existente, así como el hardware y software necesarios para la migración, se dispone al desarrollo de la propuesta para la planta CMPC.

5.4.1. Propuesta Hardware y Software.

El alcance del suministro de esta propuesta es un sistema Valmet DNA (hardware y software) para la eliminación de cargas de la planta CMPC Laja en Chile.

Hardware: se considera un gabinete que incluye:

- 01 servidor (EAS + OPS).

EAS: Estación de ingeniería / OPS: Estación de operación.

- 01 kit KVM
- 01 controlador ACN MR
- 01 rack ACN I / O con:
 - 08 AI8C - Unidad de entrada analógica
 - 08 DI8P - Unidad de entrada digital
 - 04 DO8P - Unidad de salida digital

Software

- Windows Server.
- Antivirus.
- Aplicaciones

Sabiendo que incluye el gabinete, procedemos a realizar una lista detallada de equipos y licencias necesarias para lograr la migración al 100% de todo el sistema Load Shedding, comenzado con la interfaz de campo que no es más que los módulos I/O junto con sus bases, seguido de los controladores de proceso, sala de control, conectividad y por ultimo las herramientas de ingeniería y mantenimiento.

Detallándose en dos partes: Hardware y Software.

HARDWARE

- **Módulos I/O**
 - **ACN M80 I/O Unidades y Armarios**
 - 08 AI8C – Unidad de entrada analógica, 20mA
 - 08 DI8P – Unidad de entrada digital, PNP
 - 04 DO8P – Unidad de salida digital, PNP
 - 01 IPSP – Fuente de alimentación MIO
 - 03 FCS Terminales de resorte para un grupo de I/O de ACN

03 MB8S / FCS-I / O Base de montaje para 8 unidades,
conexión de campo con terminales de resorte

01 Base de montaje secundaria

02 IT - I/O terminator de bus

- **Controladores de Proceso**

- **ACN MR Controlador de proceso**

- 01 MBMT80 – ACN MR Base de montaje PB

- **Gabinete ACN**

- 01 Gabinete ACN, 4 nodos, distribución de energía a 230
VAC

- **Sala de Control**

- **Extensores y otros accesorios**

- 01 Kit KVM extensor, 2 señales de video y audio

- **Herramientas de Ingeniería y Mantenimiento**

- **Servidor de Ingeniería**

- 02 PC monitor LCD, 22” Dell

SOFTWARE

- **Controladores de Proceso**

- **ACN MR Controlador de proceso**

- 01 ACN MR controlador de proceso con Profibus

- **Licencias del controlador de procesos**

- 01 Controlador de procesos y licencia base de pasarela, por
nodo

02 Licencia de capacidad de controlador de proceso / 100
I/O

- **Sala de Control**

- **Estación de operador y licencias de gestión de eventos**

- 01 DNA Operate para operaciones locales

- 02 Licencia de capacidad de interfaz de operador / 100
nombres, por sala de control

- **Conectividad**

- **Protocolos de Interfaces**

- 01 Protocolo Modbus/TCP

- **Herramientas de Ingeniería y Mantenimiento**

- **Servidor de Ingeniería**

- 01 Valmet DNA – Servidor estándar, Dell

- 01 Windows server 2012

- 01 Licencia de antivirus Valmet DNA por PC por un año

- 01 Controlador de pantalla (licencia para el segundo
monitor)

- **Licencias del servidor de ingeniería (APP del fabricante
Valmet)**

- 01 Servidor de ingeniería DNA

- 02 Capacidad de reposición del servidor de ingeniería
por 100 unidades

- 02 Capacidad de historia del servidor de ingeniería por
100 unidades

- 01 Servidor de copia de seguridad del DNA por sistema

- 01 Licencia base de diagnostico

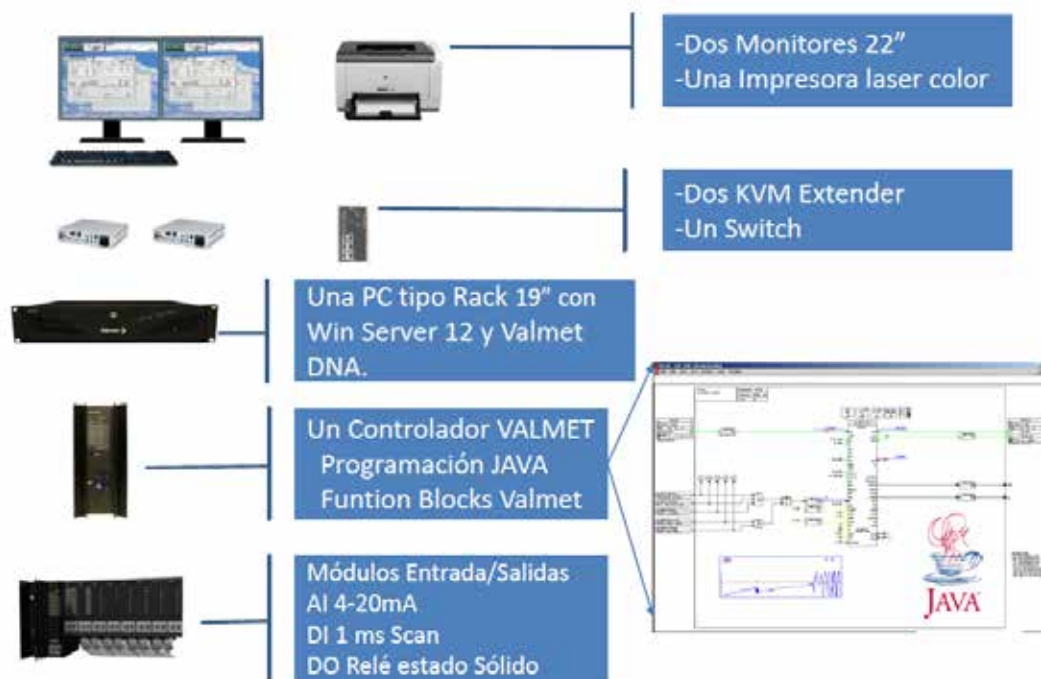


Figura 39. Componentes del Load Shedding
Fuente Marisela Benitez (2018)

5.4.2. Programación del controlador

La configuración del controlador Valmet se llevará acabo de la siguiente manera, la estrategia de control se realizará en Function Blocks Valmet (bloque de funciones) y la secuencia de desconexión en un programa JAVA, programa el cual no se tendrá acceso debido a la política de confidencialidad de la empresa Aplicaciones, C.A para proteger su inversión intelectual.

A continuación, se mostrará los diferentes diagramas de flujo para el funcionamiento del Load Shedding.

5.4.2.1. Diagrama de flujo general

En el diagrama de flujo general, está representado el funcionamiento global del programa en el cual destacan las etapas verificación de emergencias donde se encuentran las lecturas de potencias y los estados tanto de las fuentes como de las celdas, una vez realizadas las lecturas dependiendo de la emergencia se entra en

rutina de desconexión de celdas o fuentes, dado el caso se podría tener presencia de alarma en la consola de operaciones y una bocina en la sala de control. Al momento de salida el operador tiene comandos como automático o manual, fin de emergencia, selector de escenario, desconexión manual de celdas.

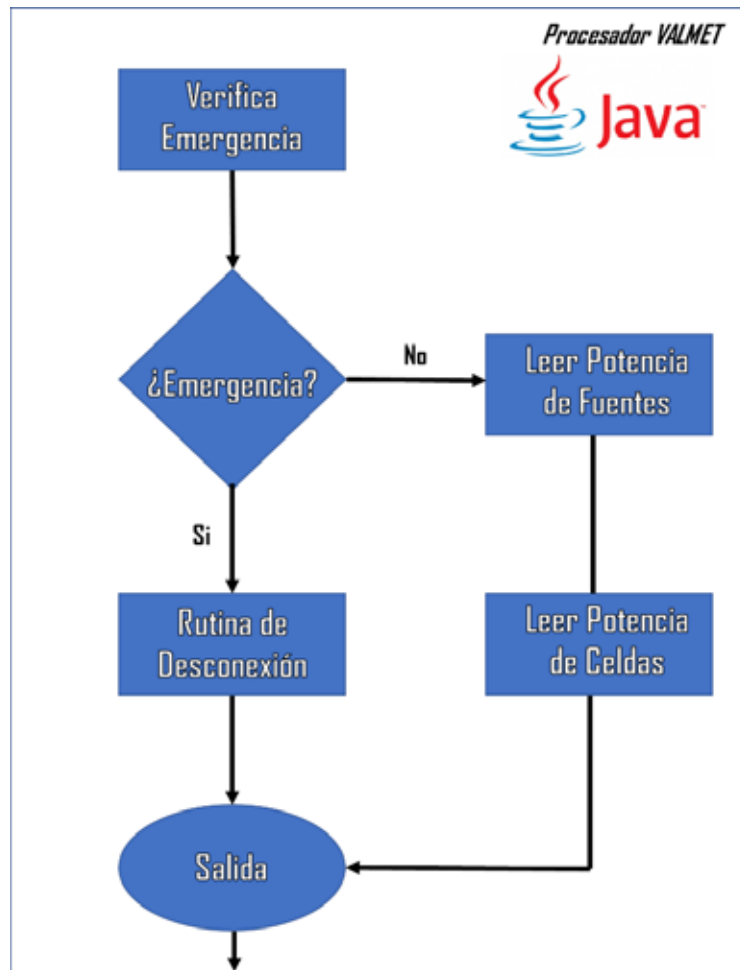


Figura 40. Diagrama de flujo general
Fuente Marisela Benitez (2018)

5.4.2.2. Diagrama de flujo para rutinas de lectura de potencia en las celdas.

En este diagrama de flujo se detalla el procedimiento a cumplir al momento de leer la potencia en las celdas. Al verificar que el sistema no se encuentra en emergencia se identifican las celdas activas según las listas y se procede a leer la

potencia en dichas celdas, si la celda esta activa y en mala calidad se le asigna una potencia fija, dicha potencia fija es un valor ya predeterminado y de mala calidad el sistema lo interpreta cuando el cable se corta o la señal esta fuera de rango (4-20mA), en caso que la potencia esta activa y en buena calidad la rutina va a su fin.

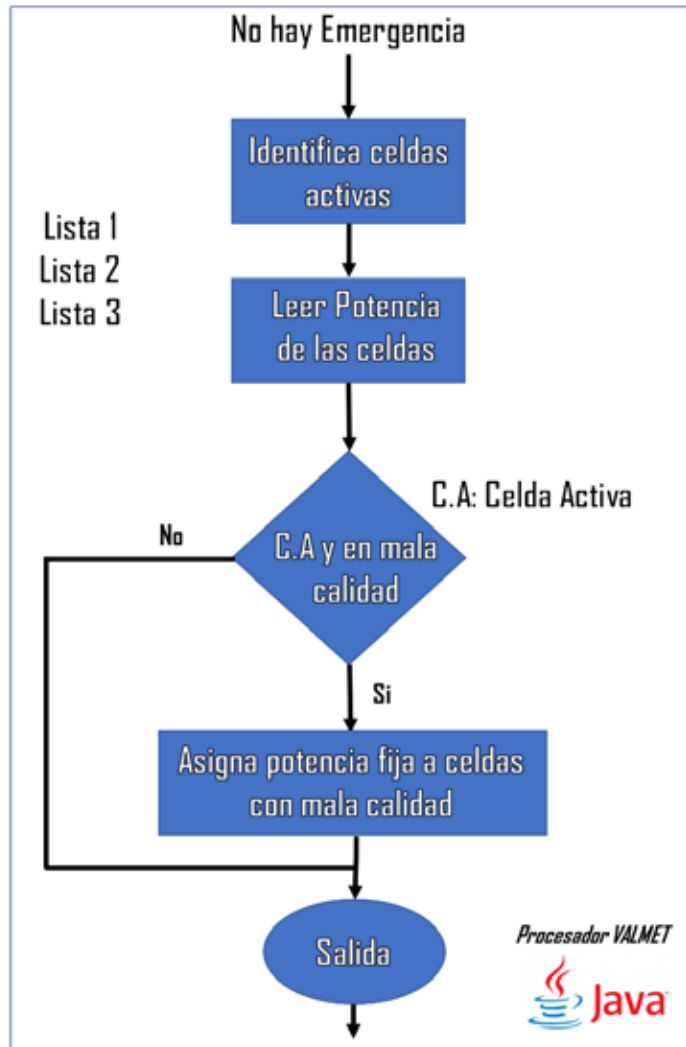


Figura 41. Diagrama de flujo para Celda
Fuente Marisela Benitez (2018)

5.4.4. Diagrama de flujo para rutinas de lecturas de potencia en las fuentes (Utility y Turbinas).

En este diagrama de flujo se detalla el procedimiento a cumplir al momento de leer la potencia en las fuentes, destacando en este segmento que el esquema a continuación se repite para cada fuente existente en el sistema. Primeramente, lee la potencia fija de la fuente y se pregunta si está o no conectada de ser afirmativo va a la lectura del transmisor de la fuente y se pregunta si es de buena calidad de ser así sale de la rutina, en caso de ser de mala calidad se lee es la potencia fija sabiendo que este es un valor predeterminado, por el contrario, en caso de que la fuente no está conectada salimos de rutina.

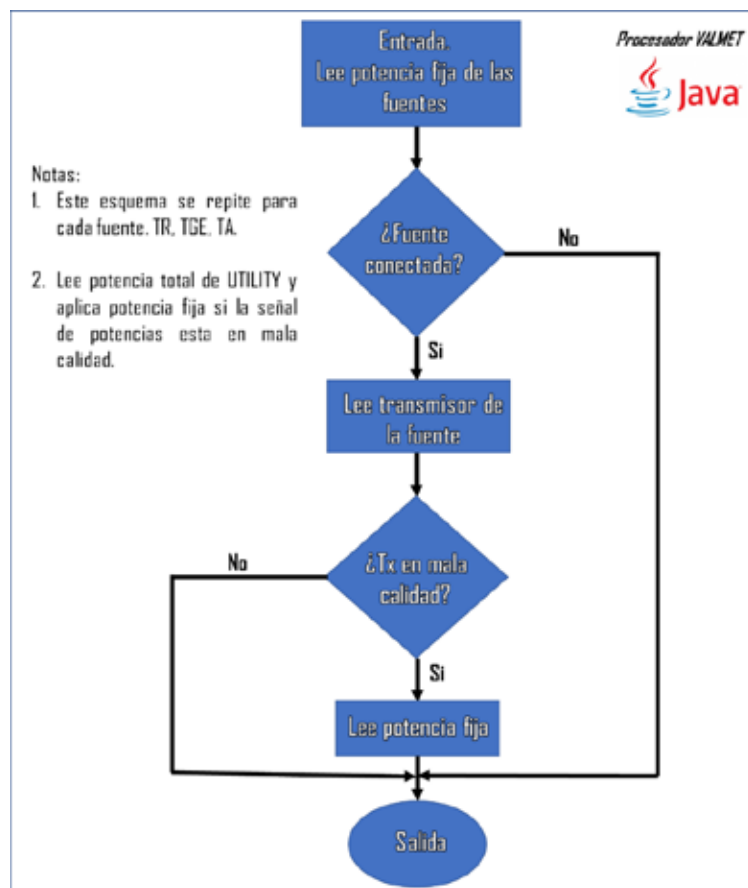


Figura 42. Diagrama de flujo para Fuentes
Fuente Marisela Benitez (2018)

CONCLUSIÓN

Con el desarrollo del presente trabajo se realiza la propuesta de migración de un sistema Bailey Network 90 a un DCS Valmet en la planta CMPC Laja Chile, su propósito es evitar la pérdida de una fuente y que esta no arrastre a otra provocando también la pérdida de la misma, eliminando la situación de sobrecarga cuando se pierde potencia como es el caso del disparo de fuentes o bajas frecuencias.

La migración del sistema se realizó mediante la implementación de equipos marca Valmet tales como controlador, módulos de I/O y terminales, son componentes con tecnología de punta y actualizados que es lo que se buscaba para el mejor funcionamiento del sistema.

Como es evidente en la descripción realizada sobre el sistema actual, este al ser de los años 80, está descontinuado y ya es obsoleto, dificultándose la obtención de repuestos y la realización del mantenimiento correspondiente. Haciendo notorias las mejoras a realizar en el sistema de control, ya que el sistema que se propone para la implementación mejora la recolección de datos para el análisis al momento de una falla o post falla, tener un registro diario de todo lo relacionado con el sistema y la gerencia poder tener conocimiento de todo lo ocurrido.

Con esta propuesta se busca evitar la caída de las turbinas por exceso de carga eléctrica, causar el mínimo impacto en la producción, evitar paradas no programadas en la planta o no planificadas, entre sus beneficios tenemos que los reportes estén disponibles en la red administrativa a disposición de toda la planta en especial de la gerencia, nuevas pantallas donde se incluyen indicación de comando de disparo de las celdas, alarmas sonoras para la sala de control en presencia de alguna emergencia, alarma cuando el programa no está corriendo en el procesador, entre otros.

RECOMENDACIONES

- Realizar capacitación al personal técnico involucrado y la gerencia sobre el nuevo software y equipos instalados.
- Hacer un estudio por lo menos cada 2 años para evitar que los equipos vuelvan a caer en obsolescencia.
- Hacer actualizaciones periódicas del software.
- Desarrollar y activar planes de mantenimiento preventivo y correctivo a cada uno de los equipos y de esta forma disminuir fallas innecesarias.

REFERENCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

Arias, F. (2003). **El Proyecto de Investigación: Introducción a la investigación científica. (4ª. Ed.)**. Caracas: Editorial Espiteme.

Sánchez, N. (2014). **DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA SIMPLIFICADA PARA LA DISMINUCIÓN DE BOTES DE CARGA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**. Escuela de Electrónica de la Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Venezuela.

Tamayo y Tamayo, M. (2002). **El Proceso de la Investigación Científica**. México: Editorial Limusa.

Tamayo y Tamayo, M. (2003). **El Proceso de la Investigación Científica**. México: Editorial Limusa.

Valmet. (2015). **Valmet DNA**. Finlandia.

ELECTRÓNICAS

ABB (2011). **IMDSI22**. Extraído en noviembre 2018. PDF.
<http://www.infi90.com/Files/Bailey%20Infi90%20Documentation/IMDSI22.pdf>

ABB (2011). **IMDSO14**. Extraído en noviembre 2018. PDF.
<http://www.infi90.com/Files/Bailey%20Infi90%20Documentation/IMDSO14.pdf>

- ABB (2011). **IMMFP02**. Extraído en noviembre 2018. PDF.
<http://www.infi90.com/Files/Bailey%20Infi90%20Documentation/IMMFP02.pdf>
- ABB (2011). **NRDI01**. Extraído en noviembre 2018. PDF.
- ABB (2011). **NRDO02**. Extraído en noviembre 2018. PDF.
- Arismendi, Emir. (2013). **Tipos y Diseño de la Investigación**. Extraído en marzo 2018.
http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html.
- Bailey Infi 90 (2014). **Multi-Function Processor Module (IMMFP02)**. Extraído en noviembre 2018. PDF.
- Bailey Infi 90 (2014). **Digital Output Module**. Extraído en noviembre 2018. PDF.
- Black Box (2015). **What is a KVM Extender?**. Extraída en noviembre 2018.
<https://www.black-box.de/en-de/page/24051/Resources/Technical-Resources/Black-Box-Explains/kvm/What-is-a-KVM-Extender>.
- Empresas CMPC (2014). **CMPC – Celulosa**. Extraída en enero 2018.
<https://www.cmpc.com/>.
- Grupo-Aplicaciones (2012). **Aplicaciones**. Extraída en enero 2018.
<https://www.grupo-aplicaciones.com/home>.
- Pérez, S., López, K., Rodríguez, L. (2016). **OPTIMAL UNDER VOLTAGE LOAD SHEDDING BASED ON VOLTAGE STABILITY INDEX**. Trabajo de grado de la Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Extraído en marzo 2018.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingainv/article/view/53773>.

Santurino, P. (2016). **Diseño coordinado de un esquema de deslastre de carga y un sistema de almacenamiento de energía eléctrica.** Trabajo de grado de la Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España. Extraído en marzo 2018. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/17274/TF-G000754.pdf?sequence=1>.

Strahdez, J. (2011). **Turbogenerador o Fuente de generador propia.** Extraído en febrero 2018. <https://es.scribd.com/doc/68532259/TURBOGENERADOR-O-FUENTE-DE-GENERACION-PROPIA>.

Symphony (2000). **Digital Input Modules.** Extraída en noviembre 2018. PDF.

Valmet Forward (2013). **Sistema de automatización Valmet DNA.** Extraída en octubre 2018. <https://www.valmet.com/automation-solutions/valmet-dna-dcs/valmet-dna-automation-system/>.