

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ MIGUEL CARRERA

INGENIERÍA DE DETALLE DEL SISTEMA DE CONTROL DE TRANSPORTE DE CONCENTRADO
MINERA ESCONDIDA

Trabajo de Titulación para optar al Título de
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN ELECTRÓNICA

Alumnos:

Yamil Iván Alanis Ovalle

Gustaf Karlsson Ellington

Profesor Guía:

Ing. Sergio Riquelme Bravo

Profesores Correferente:

Ing. Guelis Montenegro Zamora

Ing. Loreto Marín Carcey

RESUMEN

KEYWORDS: Composer, Control, Documentos

La pasantía profesional se desarrolla en la empresa FSM, Servicios y Aplicaciones de Ingeniería de Sistemas y Cía. Ltda. Las oficinas de FSM están ubicadas en Viña del Mar y Santiago, éstas se dedican a prestar servicios de ingeniería en control y automatización de procesos industriales.

FSM tiene autorización para distribuir equipamientos de control de la marca ABB, la cual suministra equipos de control e instrumentación. La empresa presta servicios de sistemas, gestión de lotes, capacitaciones, entre otros.

Actualmente FSM se encuentra desarrollando un proyecto para la compañía MEL (Minera Escondida Limitada), el cual consiste en un upgrade o actualización y estandarización del sistema de control de transporte de concentrado. Para este proyecto FSM envía una oferta técnica, la cual es aprobada por MEL con posibles modificaciones.

El trabajo realizado como pasantía es el de la ingeniería de detalle del proyecto antes mencionado, éste se basa en el desarrollo de documentos técnicos que ayudan a definir varios aspectos importantes, por ejemplo, la cantidad de controladores y módulos que se necesitan dependiendo del número de señales cableadas que se migrarán. Para el desarrollo de la ingeniería de detalle se utilizan diferentes softwares relacionados, tanto con el sistema actual implementado en MEL, como con el sistema 800xA de ABB con el que trabaja FSM, además de herramientas de manejo y administración de información.

ÍNDICE

1. CONTEXTO GENERAL DE PASANTÍA.....	3
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	3
1.1.1. Misión	5
1.1.2. Visión	5
1.1.3. Productos y Servicios	5
1.2. INFORMACIÓN LEGAL.....	6
1.3. ORGANIZACIÓN.....	7
1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	8
1.5. INSTALACIONES.....	11
1.6. EQUIPOS QUE SE UTILIZAN	12
1.6.1. Sistema de control AC800M	12
1.6.2. Equipamiento en software	13
1.6.2.1. Vmware Workstation Pro.....	14
1.6.2.2. System 800xA	14
1.6.2.3. Control builder	14
1.6.2.4. Workplace	15
1.6.2.5. Soft Controller	15
1.6.2.6. OPC Server.....	15
2. INGENIERÍA DE DETALLE PROYECTO MINERA ESCONDIDA	18
2.1. INTRODUCCIÓN A MINERA ESCONDIDA LTDA.....	18
2.2. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO	19
2.2.1. Sistema De Transporte De Concentrado	19
2.2.2. Datos Específicos Del Proyecto.....	20
2.2.3. Oferta Técnica FSM.....	20
2.3. ETAPAS DEL PROYECTO	21
2.4. TRABAJO DESARROLLADO	22
2.4.1. Herramientas	22
2.4.1.1. Composer	22
2.4.1.2. Engineering Workplace, Sistema 800xA	27
2.4.1.3. Excel	27
2.4.1.4. Control Builder	28
2.4.2. Proceso	31

2.4.2.1.	Construcción De Bases De Datos	31
2.4.2.2.	Métodos De Organizar Bases De Tags	32
2.4.2.3.	Análisis De Lógica Y Verificación De Datos.....	33
2.4.2.4.	Construcción Y Gestión De Documentos	34
3.	EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA ESTADÍA PROFESIONAL.....	36
3.1.	CONOCIMIENTOS ENTREGADOS POR LA UNIVERSIDAD.....	36
3.1.1.	Instrumentación Industrial	36
3.1.2.	Control Automático	38
3.1.3.	Control de Procesos.....	38
3.1.4.	Tecnología de la Información	38
3.1.5.	Sensores y Transductores Industriales	39
3.1.6.	Sistemas Digitales	39
3.1.7.	Microcomputadores	40
3.2.	CONOCIMIENTOS QUE DEBERÍAN SER ENTREGADOS POR LA UNIVERSIDAD.....	40
3.2.1.	Programación de sistemas.....	40
3.2.2.	Inglés técnico	40
3.2.3.	Sistemas de control	41
3.3.	CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS EN CAPACITACIÓN	41
3.3.1.	Capacitación sistema 800xA	42
3.3.2.	Etapa de inducción	42
3.3.3.	Repaso del sistema 800xA	42
3.3.4.	Bailey Infi 90 y Composer	43
3.3.5.	Introducción a las librerías BMI de 800xA.....	43
3.4.	DESTREZAS Y HABILIDADES ENTREGADAS POR LA UNIVERSIDAD	43
3.4.1.	Capacidad de análisis.....	43
3.4.2.	Agilidad al interpretar.....	44
3.4.3.	Metacognición	44
3.5.	DESTREZAS Y HABILIDADES ADQUIRIDAS DURANTE LA ESTADÍA PROFESIONAL	45
3.5.1.	Análisis de lógica de control	45
3.5.2.	Construcción de bases de datos en Excel.....	45
3.5.3.	Trabajo en equipo.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1 EJEMPLO CERTIFICADO DE AUTORIZACIÓN PARA COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS ABB	4
FIGURA 1-2 LOGO DE LA EMPRESA FSM LTDA.	6
FIGURA 1-3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA FSM LTDA.	7
FIGURA 1-4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA EMPRESA FSM LTDA.....	8
FIGURA 1-5 FACHADA DE EDIFICIO OFICINA PRINCIPAL FSM.	9
FIGURA 1-6 UBICACIÓN GEOGRÁFICA OFICINA DE SANTIAGO FSM.....	10
FIGURA 1-7 FACHADA DE EDIFICIO OFICINA DE SANTIAGO FSM.....	10
FIGURA 1-8 ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN DE OFICINAS DE FSM LTDA.....	11
FIGURA 1-9 IMAGEN DE UN SISTEMA AC800M MONTADOS EN UN RACK.....	13
FIGURA 1-10 ESQUEMA BÁSICO DE CONEXIÓN CON SISTEMA 800xA.....	16
FIGURA 2-1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL SISTEMA DE TRASPORTE DE CONCENTRADO.....	19
FIGURA 2-2 VISTA PRINCIPAL DE CLD DE COMPOSER	23
FIGURA 2-3 VISTA DE TAGS EN COMPOSER	24
FIGURA 2-4 DIAGRAMA CLD DE UNA VÁLVULA ON/OFF EN AUTOMATION ARCHITECT	25
FIGURA 2-5 DIAGRAMA DE LA UNIDAD DE ENTRADA	26
FIGURA 2-6 VISTA PRINCIPAL DE ENGINEERING WORKPLACE.....	28
FIGURA 2-7 VISTA DEL ÁRBOL DE CONTROL BUILDER.....	29
FIGURA 2-8 EJEMPLO DE LÓGICA PROGRAMADA EN BLOQUES DE FUNCIONES.....	30
FIGURA 2-9 ESTRUCTURA DEL TAG	32
FIGURA 2-10 COMPARACIÓN ENTRE TAGS EN COMPOSER Y 800xA.....	33
FIGURA 3-1 PANTALLA HMI GENERAL DEL MINERODUCTO.....	37
FIGURA 3-2 EJEMPLO DE LÓGICA PROGRAMADA EN COMPOSER.....	39

SIGLAS

ABB	: Asea Brown Boveri
BMI	: Building Material and Mineral Industries (Industrias de Materiales de Construcción y Minerales)
BOM	: Bill Of Materials (Listado de Materiales)
CHO	: Concentrate Handling Operations (Operaciones de Manejo de Concentrado)
CLD	: Control Logic Diagram (Diagrama de Lógica de Control)
CMPC	: Compañía Manufacturera de Papeles y Cartones
CPU	: Central Processing Unit (Unidad Central de Proceso)
DCS	: Distributed Control System (Sistema de Control Distribuido)
DIN	: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
FAT	: Factory Acceptance Test (Pruebas de Aceptación de Fábrica)
FBD	: Function Block Diagram (Diagrama de Bloques de Funciones)
FSM	: Fidel Salazar Mercado (nombre de la empresa)
HMI	: Human Machine Interface (Interfaz de usuario)
HSEC	: Health, Safety, Environment and Community (Salud, Seguridad, Medio Ambiente y Comunidad)
I/O	: Input/Output (Entrada/Salida)
ID	: Identificación
IU	: Interface Unit (Unidad de Interfaz)
MEL	: Minera Escondida Limitada
OPC	: Object Linking and Embedding for Process Control (Incrustación y Enlazado de Objetos para el Control de Procesos)
PCU	: Process Control Unit (Unidad de Control de Proceso)
PLC	: Programmable Logic Controller (Controlador de Lógica Programable)
SAT	: Site Acceptance Test (Pruebas de Aceptación de Terreno)
VBA	: Visual Basic for Applications (Visual Basic para Aplicaciones)

SIMBOLOGÍA

“	: Pulgadas
GB	: Gigabyte
KM	: Kilómetro
VDC	: Voltaje continuo

INTRODUCCIÓN

Todo proyecto de ingeniería cuenta con una serie de procedimientos que se deben realizar de manera paulatina. Estos procesos se van desarrollando de forma que se tenga la mayor claridad posible de qué es lo que se tiene que hacer y cómo se va a hacer, para así optimizar al máximo los recursos disponibles.

El presente informe describe las tareas ejecutadas como pasantes en la empresa FSM, se realiza una reseña de la empresa, su organización, ubicación y características.

Los trabajos asignados en FSM tienen relación con una etapa muy importante en el desarrollo del proyecto de upgrade y estandarización del sistema de almacenamiento de concentrado de Minera Escondida, esta etapa mencionada es la Ingeniería de Detalle.

La Ingeniería de Detalle que se presenta cuenta con una serie de documentos entregables que permiten a la empresa FSM definir cuáles serán los caminos a seguir en las siguientes etapas. Para esto primero se necesita saber qué es lo que Minera Escondida necesita, y qué es lo que FSM identifica como una posible solución.

Se definen las herramientas utilizadas en la ejecución de esta etapa, sus funcionamientos y como fueron aplicadas en el proceso. También se describen los procedimientos que se utilizaron para llevar a cabo esta tarea.

CAPÍTULO 1: CONTEXTO GENERAL DE PASANTÍA

1. CONTEXTO GENERAL DE PASANTÍA

La pasantía profesional se desarrolla en la empresa FSM, Servicios y Aplicaciones de Ingeniería de Sistemas y Cía. Ltda.

FSM Ltda. desempeña mayormente sus labores en la V región de Chile, con su oficina principal en la comuna de Viña del Mar, pero tiene además una oficina secundaria en Providencia, Santiago. La empresa está constituida legalmente como sociedad de responsabilidad limitada. Se especializa en desarrollo de proyectos de ingeniería en el área de automatización de procesos industriales de varios rubros, pero principalmente la minería y la industria de pulpa de celulosa.

El mayor proveedor y socio de FSM Ltda. es la empresa suiza/sueca ABB, con quienes además comparten el mercado. ABB certifica a FSM el uso y comercialización de sus productos, software y hardware.

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

FSM Ltda. se dedica a prestar servicios de ingeniería en control y automatización de procesos industriales. Los trabajos de la empresa incluyen: desarrollar una variedad de tareas en ámbitos como Ingeniería Básica y de Detalles, capacitaciones, servicios de mantenimiento y desarrollo de aplicaciones de control. Siempre se busca ser una alternativa de calidad y alta confianza, compitiendo exitosamente en el mercado industrial de hoy, además ser el líder en la distribución de equipamiento ABB.

La empresa FSM Ltda. inicia sus actividades en el año 2002 de la mano del Ingeniero Civil Electrónico, Fidel Salazar Mercado. Integra esta empresa un equipo de profesionales con vastos conocimientos en Sistemas de Control Distribuido, y con dotada experiencia en la utilización del sistema 800xA de ABB, que es el sistema principal con el cual se desarrolla la totalidad de los proyectos que se emprenden.

FSM Ltda. tiene autorización para distribuir equipamientos de control de la marca ABB, donde en la figura 1-1 se muestra un ejemplo del certificado. Al día de hoy se han desarrollado un gran número de proyectos basados en el sistema de control y automatización 800xA, para una diversidad de rubros de la industria, por nombrar una, la empresa Merval, pero sin duda, la principal área de mercado de esta empresa son las industrias mineras. FSM Ltda. ha desempeñado trabajos en empresas como Minera Candelaria, Codelco, Minera Collahuasi, Minera Esperanza, Minera Escondida, Minera Michilla, Pascua Lama, SQM, entre otras. Otra

área donde se han desarrollado varios proyectos es la industria de Pulpa y papel, trabajando en plantas de la empresa Arauco y en Empresas CMPC.

El proveedor de los software y hardware utilizados y distribuidos por FSM Ltda. es la corporación multinacional ABB que tiene sus instalaciones principales en Zúrich, Suiza. La empresa entrega soluciones de ingeniería y tecnología eléctrica, desarrollo de productos, sistemas y plantas para el mercado internacional. ABB abrió su sucursal en Santiago de Chile en 1955 y en el mercado chileno atiende empresas de minería, químicas, petroquímicas, pulpa y papel, cemento, fundiciones, entre otras, siendo un proveedor de equipos de control automático, instrumentación y electricidad industrial.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1-1 Ejemplo certificado de autorización para comercialización de productos ABB

1.1.1. Misión

FSM, Servicios y Aplicaciones de Ingeniería de Sistemas y Cía. Limitada, tiene por misión entregar soluciones en el área de la Automatización de Procesos Industriales, desarrollando tareas que cubren ámbitos tales como: Ingeniería Básica, Ingeniería de Detalles, Capacitación, Desarrollo de Aplicaciones de Control, Mantenimiento y Servicios entre otras, poniendo énfasis en ser una alternativa de calidad y altamente competitiva.

1.1.2. Visión

Ser líderes en la quinta región en la distribución de equipos de control ABB.

1.1.3. Productos y Servicios

La empresa FSM Ltda. cuenta con una amplia gama de servicios y productos, éstos están pensados para cubrir todas las necesidades de las empresas objetivo. La empresa, además, realiza cursos de capacitación como el que se realiza periódicamente en la Sede Viña de Mar de la Universidad Técnico Federico Santa María.

- Sistema
- Interfaces de operador
- Seguridad
- Control & I/O
- Fieldbus
- Red de automatización
- Almacenamiento de datos y visualización
- Sistemas Incrustados
- Cyber Security
- Ingeniería
- Gestión de lotas
- Gestión de activos
- Capacitación
- Contratos e mantención
- Migraciones
- Ingeniería de detalles
- Ingeniería Básica

1.2. INFORMACIÓN LEGAL

La empresa FSM está constituida como una sociedad de responsabilidad limitada (SRL), está definida como una sociedad mercantil en la cual la responsabilidad está limitada al capital aportado, por lo tanto, en el caso de que se contraigan deudas, no responde con el patrimonio personal de los socios, sino al aportado en dicha empresa Limitada (LTDA).

Este tipo de sociedad puede realizar cualquier actividad lucrativa que esté permitida ante la ley, sea civil o comercial, que no sea contraria a la moral, las buenas costumbres, al orden público o a la seguridad nacional.

Debido a que es una empresa de responsabilidad limitada, la razón social de esta debe contener el nombre de uno o más de los socios, o bien una referencia al objeto de la sociedad, además de la palabra "limitada". En este caso la empresa tiene por razón social "Servicios y Aplicaciones de Ingeniería de Sistemas y Cía. Limitada" y como nombre ficticio "FSM Ltda.". Las siglas FSM hacen referencia al nombre del fundador de la empresa, Fidel Salazar Mercado.

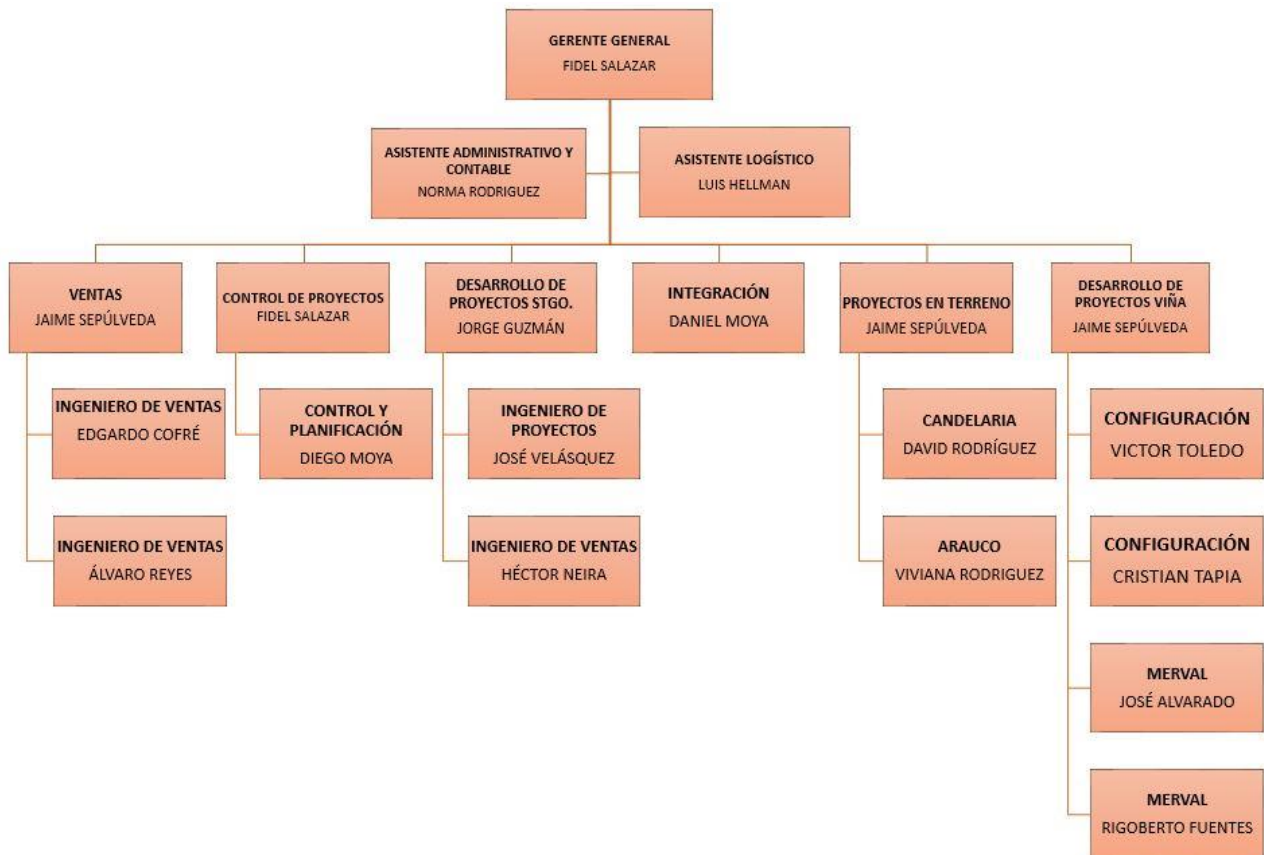
La figura 1-2. presenta el logo de la empresa, el que contiene las iniciales del nombre del Gerente General.



Fuente: FSM Ltda.

Figura 1-2 Logo de la empresa FSM Ltda.

1.3. ORGANIZACIÓN.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-3 Organigrama de la empresa FSM Ltda.

El Gerente General y dueño de la empresa es Fidel Salazar, él es el encargado de administrar las diferentes áreas de la empresa, además es él quien está a cargo del área de control de proyectos. La empresa cuenta con una asistente de administración y contabilidad quien se encarga de apoyar en la gestión administrativa, además un asistente logístico que apoya en diversas tareas.

Como se aprecia en la figura 1-3, la empresa cuenta con 6 áreas, las cuales son dirigidas por ingenieros calificados, además se cuenta con personal profesional que se encarga del desarrollo. Estas áreas se describen a continuación:

- Ventas: El área de ventas se encarga de gestionar los suministros necesarios que se utilizan en los proyectos o que requieran las empresas.
- Control de proyectos: Encargada de gestionar tanto el personal como los documentos e información que se recibe o suministra del o para el cliente.

- Integración: Está encargada de la instalación, supervisión y armado de gabinetes.
- Proyectos en terreno: Hace referencia al área que administra al personal que se encuentra trabajando en terreno, es decir, directamente en la empresa que contrata el servicio.
- Desarrollo de proyecto: Esta área está encargada de hacer el trabajo de ingeniería de detalle, configuración y tareas relacionadas directamente con los proyectos asignados para las oficinas de Viña del Mar o Santiago.

1.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La empresa FSM Ltda. cuenta con 2 oficinas, en las cuales se realizan la mayoría de los trabajos de planificación, configuración y pruebas de diferente índole, el resto se desarrollan en las dependencias de las distintas empresas que contratan los servicios asociados. La oficina principal está ubicada en la región de Valparaíso, en la ciudad de Viña del Mar, ésta se encuentra en un edificio departamental en Calle Álvarez 660, Departamento 71-A, como se ve en las figuras 1-4 y 1-5. La segunda oficina es de menor tamaño, se abrió hace aproximadamente 4 meses, y se ubica en la región Metropolitana, en la comuna de Providencia, calle San Pío X 2390, Oficina 606.



Fuente: <http://maps.google.cl>.

Figura 1-4 Ubicación geográfica empresa FSM Ltda.

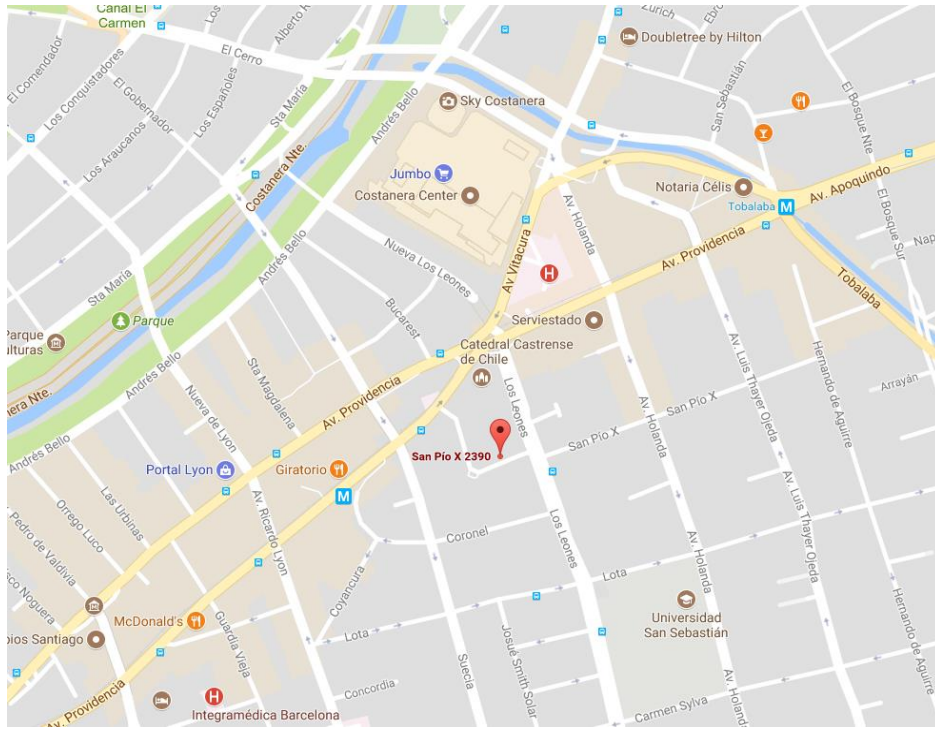
La figura 1-5, presenta una foto de la fachada del edificio donde está ubicada la oficina de Viña del Mar.



Fuente: Elaboración propia foto tomada desde el frontis

Figura 1-5 Fachada de edificio oficina principal FSM.

Como se mencionó anteriormente la empresa cuenta además con una oficina en Santiago, la que está constituida por solo 4 personas. Su ubicación se puede apreciar en las figuras 1-6 y 1-7.



Fuente: <http://maps.google.cl>.

Figura 1-6 Ubicación geográfica oficina de Santiago FSM.



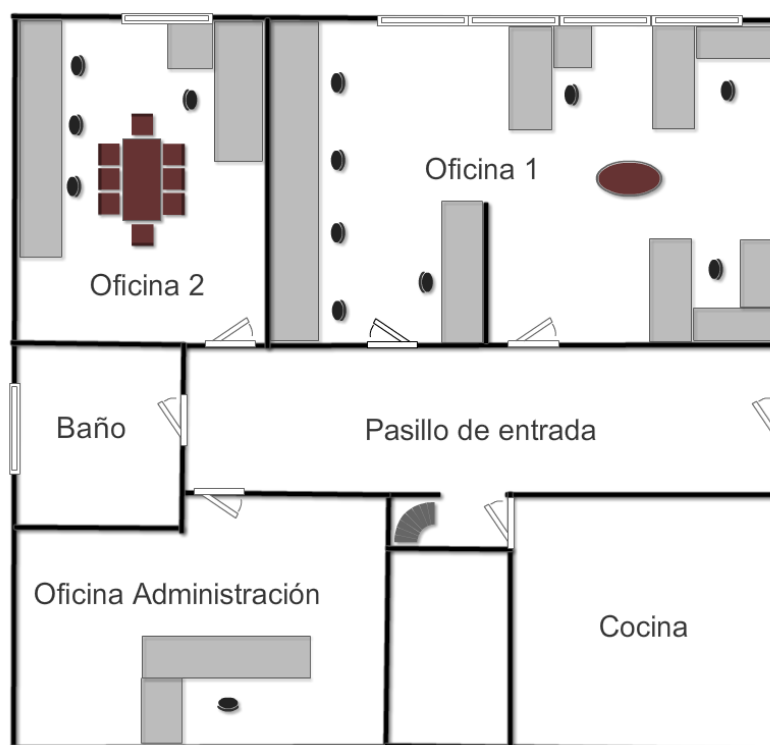
Fuente: <http://maps.google.cl>.

Figura 1-7 Fachada de edificio oficina de Santiago FSM.

1.5. INSTALACIONES

Como se mencionó en el punto 1.4, la oficina principal se encuentra ubicada en un edificio de departamentos, el que está acondicionado para funcionar como tal. En ésta se desarrolla gran parte de los proyectos antes de llegar a las pruebas en terreno, para esto se necesita el equipamiento adecuado tanto para el desarrollo como para realizar pruebas internas.

La instalación cuenta con 2 habitaciones, como se presenta en el esquema de la figura 1-8, aquí se encuentra el personal encargado de desarrollar los proyectos. Estas habitaciones poseen estaciones de trabajo acondicionadas para que se puedan cumplir con todas las exigencias requeridas. Las estaciones están equipadas con notebooks y computadores de escritorio aptos para manejar software de alta exigencia, además en algunos casos poseen equipos de prueba para realizar chequeos internos. Una de las oficinas funciona además como sala de reuniones tal como se ve en oficina 2 de la figura 1-8, en donde se reúnen los equipos de los distintos proyectos para monitorear y controlar los avances de los proyectos. Por otra parte, existe una oficina de administración que cuenta con el equipo necesario para el apoyo administrativo. Finalmente, en el segundo piso está la Gerencia General y Gerencia de Ventas, donde se encuentra el fundador de la empresa.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1-8 Esquema de la disposición de oficinas de FSM Ltda.

1.6. EQUIPOS QUE SE UTILIZAN

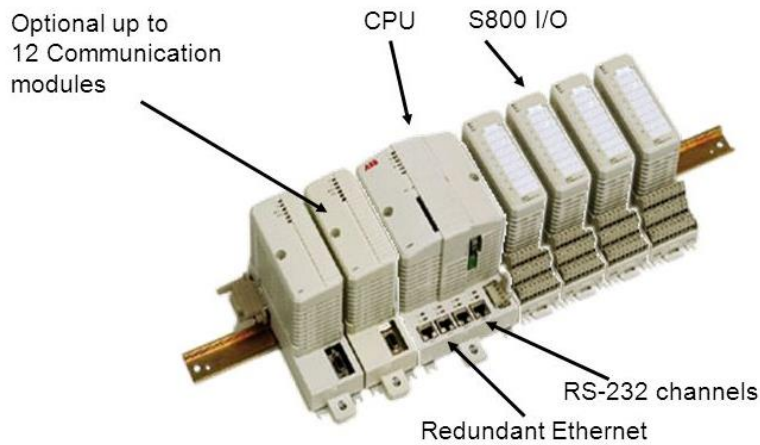
Los equipos comercializados por FSM son generalmente de la marca ABB, pero se está comenzando a incorporar otras marcas a la venta. Los equipos pueden ser Controladores, PLC, Módulos I/O, o lo que el proyecto encomendado requiera.

Como se menciona en el punto 1.1, FSM cuenta con la certificación de la empresa ABB para distribuir sus productos. En todo proyecto desarrollado se utiliza tanto hardware como software, aún cuando sólo sean trabajos de configuración de sistemas se utilizan equipos físicos para realizar las diferentes pruebas que tiene el desarrollo. Los equipos que utiliza FSM tienen relación con los diferentes trabajos que requieran las empresas, siempre en el ámbito de los sistemas de control e instrumentación.

1.6.1. Sistema de control AC800M

El sistema 800xA utiliza el controlador AC800M para realizar el control de procesos. Este es un sistema modular, es decir, el controlador se puede conectar con varios dispositivos diferentes para lograr funciones como varias formas de comunicación o extender la cantidad de entradas y salidas. Los módulos típicos del AC800M tienen funciones como:

- Interfaces de comunicación para diferentes protocolos.
- UPS.
- Unidades I/O (entrada/salida) dónde se conectan las señales de entrada y salida del sistema. Existen un gran número de tipos que varían en cantidad de bornes y tipo de señales.
- El corazón del sistema es la CPU (Unidad Central de Procesos), en el cual se conectan los dispositivos mencionados anteriormente.



Fuente: Capacitación interna de ABB.

Figura 1-9 Imagen de un sistema AC800M montados en un rack.

En la figura 1-9 se observa la CPU montada en el riel DIN, entre los módulos de comunicación y los módulos S800 I/O. Al CPU se le pueden conectar hasta 12 módulos de comunicación y una gran cantidad de unidades I/O. La ventaja del sistema AC800M es que es muy versátil y adaptable a tipos de industrias diferentes.

Cabe destacar que FSM Ltda. adquiere los equipos mencionados anteriormente de la empresa ABB, para ser utilizados y distribuidos en las diferentes empresas que desarrollen los proyectos.

1.6.2. Equipamiento en software

El sistema 800xA es un sistema DCS (Sistema de Control Distribuido), por lo tanto utiliza una gran cantidad de software tal como hardware. Los softwares permiten programar, monitorear y controlar grandes sistemas de control con facilidad.

Una forma de comprender el funcionamiento de los softwares que se utilizan en el sistema 800xA es hacer la comparación con un sistema operativo de un computador. Un sistema operativo es un programa que trabaja en el fondo del computador, controlando las diferentes aplicaciones que se ejecutan para controlar hardware como audio, video, entrada y salida o comunicación. Además, el sistema operativo crea una interfaz amigable para el usuario, donde es más fácil comprender las tareas que se están ejecutando. El sistema 800xA opera en una

forma similar y a continuación se describen los programas y aplicaciones principales que se utilizan.

1.6.2.1. Vmware Workstation Pro

Este software no es parte de ABB, pero es muy importante para poder desarrollar los diferentes proyectos, ya que se trata de un administrador de máquinas virtuales. Una máquina virtual es un software que simula un computador. La ventaja de este programa es que se pueden trasladar computadores de forma virtual y trabajar con sistemas diferentes desde la oficina sin necesidad de ir al terreno. Además, si hay problemas de la máquina se puede rápidamente volver a un backup sin tener que reinstalar el sistema del computador físico.

Para crear una máquina virtual en VMware Workstation Pro se definen parámetros como tipo de CPU, cantidad de RAM y capacidad del disco duro, luego se hace una instalación del sistema operativo requerido. Para terminar se le instalan los softwares del sistema 800xA y/u otros softwares requeridos para el proyecto actual.

1.6.2.2. System 800xA

Éste es el conjunto de aplicaciones creadas por ABB que se requieren para que el sistema 800xA funcione. Todas las aplicaciones están diseñadas para poder conectarse con los equipos de control de ABB.

1.6.2.3. Control builder

Esta aplicación se utiliza para la configuración de la lógica del Sistema 800xA. Para crear las aplicaciones, el configurador cuenta con cinco lenguajes de programación diferentes que son: Structured Text, Instruction List, Sequential Function Chart, Function Block Diagram y Ladder Diagram. Los más usados en la empresa son Instruction List y Function Block Diagram, pero el lenguaje usado depende de los requisitos del proyecto.

Structured Text es un lenguaje de texto similar a Basic y y Function Block Diagram es un lenguaje visual, donde se agregan y conectan bloques de proceso para controlar las entradas y salidas del sistema.

Para diseñar y configurar un sistema de control, se agregan los controladores que se desee utilizar en el software. Luego, se seleccionan módulos de entrada y salida que el controlador y la configuración requieran y se configuran las tarjetas de interfaz de comunicación para lograr el comunicado entre equipos.

1.6.2.4. Workplace

El Workplace es la herramienta vital para la configuración del proyecto desarrollado. El programa se divide en varias estructuras donde se ordenan las diferentes funciones o características que se pueden crear y configurar. Un ejemplo es Graphics Structure, donde se configuran las pantallas HMI, que luego se utilizan para monitoreo y control de los procesos del proyecto. El Workplace se utiliza en conjunto con el Control Builder, ya que los elementos de los dos son relacionados.

1.6.2.5. Soft Controller

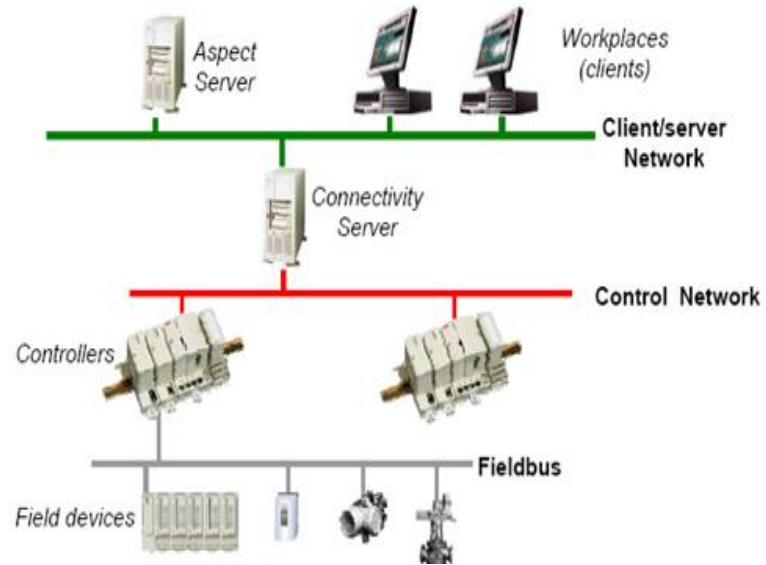
Este es un controlador virtual utilizado para poder simular las aplicaciones desarrolladas del proyecto en tiempo real. Se utiliza en conjunto con Control Builder donde se pueden forzar valores y parámetros del sistema para verificar el funcionamiento del proyecto. Como la simulación funciona en tiempo real se pueden ver todos los resultados instantáneamente.

1.6.2.6. OPC Server

La función de la OPC Server es convertir los datos físicos al protocolo OPC que puede ser entendido por las aplicaciones de Windows. La aplicación opera en un servidor de conectividad, en inglés llamado Connectivity Server, cuya función es conectar la red de control, donde operan los controladores AC800M, con la red de cliente/servidor, donde se conectan las estaciones de trabajo (Workstation).

En la figura 1-10, se puede distinguir los niveles diferentes del sistema 800xA. La línea verde es la red cliente/servidor y la línea roja es la red de control. El Connectivity Server actúa como puente entre las dos redes, que utilizan protocolos diferentes. La línea gris representa la

red física entre los controladores y los dispositivos de campo, que en este caso se comunican a través de comunicación Fieldbus.



Fuente: Capacitación FSM Ltda.

Figura 1-10 Esquema básico de conexión con sistema 800xA.

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA DE DETALLE PROYECTO MINERA ESCONDIDA

2. INGENIERÍA DE DETALLE PROYECTO MINERA ESCONDIDA

Para entender de qué trata la ingeniería de detalle en el proyecto de Minera Escondida, primero se realiza una introducción a Minera Escondida Ltda.(MEL) y una explicación general del proyecto en progreso, para dar paso al desarrollo de la ingeniería de detalle asignada.

Se detallan los diferentes procesos que se llevaron a cabo en la ingeniería de detalle, los softwares utilizados y los documentos que se concretaron, además una reseña a los pasos que se efectuarán a futuro según lo planificado.

2.1. INTRODUCCIÓN A MINERA ESCONDIDA LTDA.

Minera Escondida Ltda. es una sociedad dedicada a la explotación, extracción, procesamiento y comercialización de los recursos minerales del yacimiento Escondida que está ubicado en el Norte de Chile, en el Desierto de Atacama, a 170 Km. al Sureste de la ciudad de Antofagasta y a 3.100 metros sobre el nivel del mar.

Minera Escondida Ltda. tiene como parte de su infraestructura:

- Dos minas a rajo abierto: Escondida y Escondida Norte.
- Dos plantas concentradoras: Los Colorados y Laguna Seca.
- Una planta Lixiviación Óxidos.
- Una planta Lixiviación de Sulfuros (Biolixiviación).
- Instalaciones en Puerto Coloso, al sur de la ciudad de Antofagasta.
- Dos mineroductos que transportan el concentrado de cobre desde la mina hasta una planta de filtros situada en Puerto Coloso.
- Una planta desaladora, ubicada en Puerto Coloso.
- Un acueducto que transporta el agua desalada desde Puerto Coloso a la Mina.

2.2. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

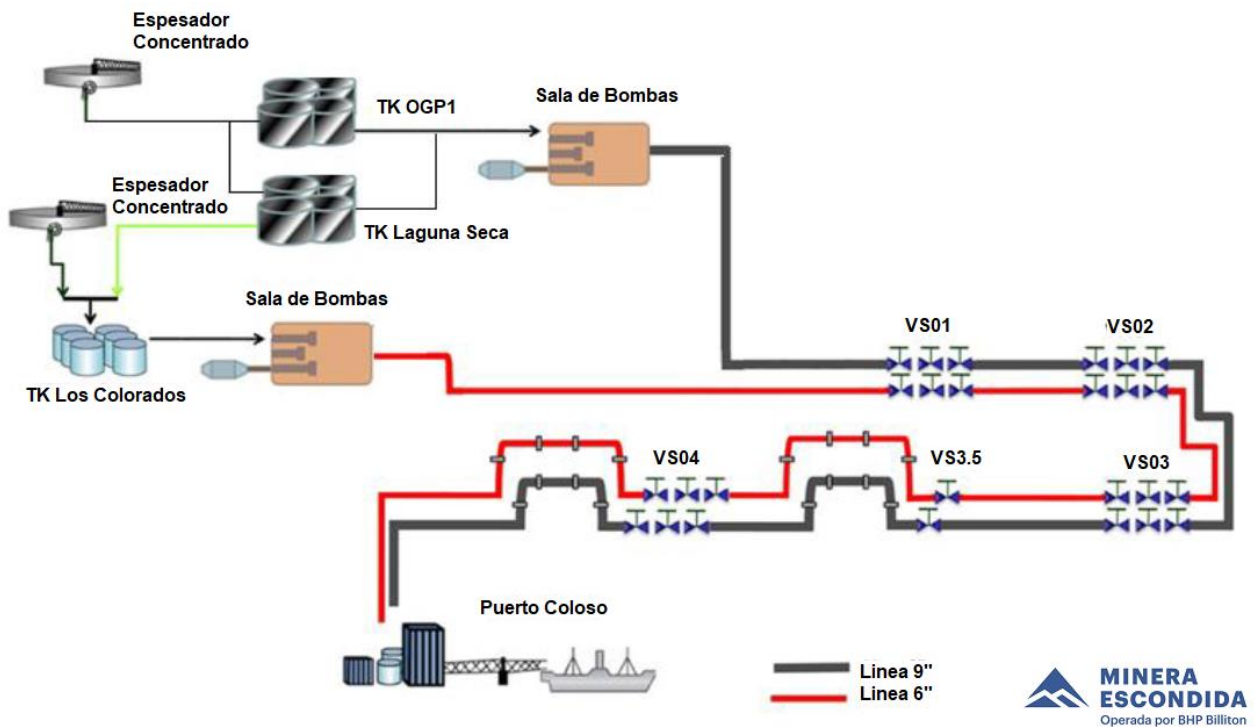
La Gerencia de Operaciones de Manejo de Concentrado (CHO), necesita centralizar y estandarizar el Sistema de control de Transporte de Concentrado y tiene como misión realizar un completo Upgrade al Sistema en los Colorados, que conllevará a tener mayor flexibilidad para operar esta estratégica área productiva.

Estos cambios conllevan a una serie de mejoras desde el punto de vista organizacional, tecnológicos y en el ámbito HSEC.

2.2.1. Sistema de transporte de concentrado

El Sistema de Transporte de Concentrado está conformado por cinco partes:

- Almacenamiento de Concentrado en Los Colorados
- Almacenamiento de Concentrado OGP1 y Laguna Seca.
- Bombeo de Concentrado desde la Mina, Área 440.
- Bombeo de Concentrado desde OGP1
- Dos Mineroductos de 6/7" y 9".



Fuente: Minera Escondida

Figura 2-1 Diagrama de bloque del Sistema de transporte de concentrado

2.2.2. Datos específicos del proyecto

El servicio requerido por la Compañía MEL, y especificado en el presente documento, corresponde al Desarrollo del Upgrade del Sistema de Control de Transporte de Concentrado (Radicado en Bailey y PLC's Línea de 6") que enlaza las plantas concentradoras de Los Colorados y Laguna Seca. La figura 2-1 muestra un esquema del sistema. Para contar con un sistema centralizado al DCS ECT se requiere:

- a) Levantamiento e Ingeniería de detalle.
- b) Migración de las lógicas de control y HMI que están en los tres controladores del Sistema Bailey (PCU6, PCU50, PCU19) al sistema de ABB, DCS 800xA ECT.
- c) Migración de las lógicas de los PLC de la línea 6" y línea 9" y HMI al DCS 800XA ECT.
- d) Instalación y configuración del Hardware necesario.
- e) Configuración en sistema 800xA.
- f) Configuración e integración al sistema de gestión de activos.

2.2.3. Oferta Técnica FSM

Esta propuesta se basa en el proyecto de Upgrade y Estandarización del Sistema de Control de Transporte de Concentrado. Actualmente el sistema se encuentra basado en un sistema Bailey con controladores en las PCU50 y PCU6 del Loop 1 (Los Colorados) y la PCU19 del Loop 4 (Laguna Seca). Esta propuesta considera reemplazar los controladores BRC de las PCU50 y PCU6 con controladores AC800M. Así mismo se considera el reemplazo de las unidades de entrada y salida y la integración todas las señales que son transferidas por comunicación.

Como parte del alcance de esta propuesta se consideran las siguientes actividades:

- Levantamiento e ingeniería de detalle
- Migración de las lógicas de control y HMI que están el sistema Bailey (PCU6, PCU50 y PCU19) al DCS 800XA ECT
- Migración de las lógicas de los PLC de la línea 6" y línea 9" y HMI al DCS 800XA ECT
- Migración del controlador AC800M de VS3.6 de 6" desde el sistema 800xA de Planta de Filtros al sistema 800xA de ECT.

- Instalación y configuración del hardware necesario
- Configuración en sistema 800xA
- Configuración e integración de gestión de activos

Es importante hacer notar que el dimensionamiento del sistema 800xA, incluido controladores, cantidad de I/O, interfaces de comunicación y otros componentes es propuesto de manera preliminar y será revisado una vez que haya concluido la etapa de levantamiento e ingeniería de detalles. Esto mismo aplica a los servicios que son considerados tales como configuración, integración, pruebas y puesta en marcha.

2.3. ETAPAS DEL PROYECTO

El proyecto se divide en tres etapas mayores: Fase A, B y C. La división es lógica y sigue varios pasos determinados para llegar al objetivo.

La Fase A incluye Levantamiento, Ingeniería de Detalle y Configuración. El levantamiento es una serie de etapas iniciales del proyecto donde se establecen las soluciones que se proponen al cliente, se hacen visitas al terreno para responder consultas previas y se consiguen los documentos necesarios. Cuando se tiene la información requerida y las herramientas necesarias, empieza la ingeniería de detalle. Esta etapa es un trabajo de ingeniería inversa, traducción e interpretación de planos. La comunicación entre el cliente y FSM es muy frecuente, ya que se busca resolver las incertidumbres o problemas que aparecen al desarrollar los documentos necesarios. La última parte de la Fase A es la configuración del sistema de control que corresponde a la emulación de librerías, la configuración de las lógicas de control y el desarrollo de las pantallas en HMI.

La Fase B es la ingeniería y preparación del reemplazo de hardware. Sigue a la ingeniería de detalle construyendo planos de gabinetes para luego poder montar el hardware para las pruebas FAT. Una vez aprobado en fábrica, el hardware se transporta a terreno y se prepara el conexionado y montaje, para poder terminar el trabajo en terreno de una forma rápida y eficiente.

La Fase C es todo lo que ocurre en terreno, desde el reemplazo y montaje de hardware hasta el comisionamiento y la puesta en marcha. El objetivo en esta etapa es hacer una transición rápida, pero ante todo segura del sistema antiguo al sistema nuevo. Se prueba que el sistema responde como se espera por parte y por etapa, para esto se realizan las pruebas SAT antes de la puesta en marcha. Luego se hacen ajustes necesarios antes de declarar el proyecto

terminado. FSM normalmente envía a un configurador al terreno con frecuencia durante un tiempo después de oficialmente terminar la migración del sistema para poder asegurar que el sistema funcione como se espera. Además, éste debe ser capaz de capacitar a personal de la planta y resolver dudas con respecto al proyecto.

2.4. TRABAJO DESARROLLADO

La etapa desarrollada en este proyecto es la ingeniería de detalle. La ingeniería de detalle es el resultado del análisis de la obra y podría describirse como la traducción de los planos tradicionales. Su desarrollo da como resultado una serie de documentos técnicos necesarios para la planificación y ejecución del proyecto en cuestión de manera rápida y segura, optimizando recursos tanto materiales como de mano de obra.

2.4.1. Herramientas

Para el desarrollo de la ingeniería de detalle se utilizan diferentes softwares, algunos pertenecientes al sistema actualmente instalado en el área de transporte de concentrado (Composer), otros que son propios del sistema 800xA de ABB, y algunos softwares que funcionan como apoyo para el manejo de la información.

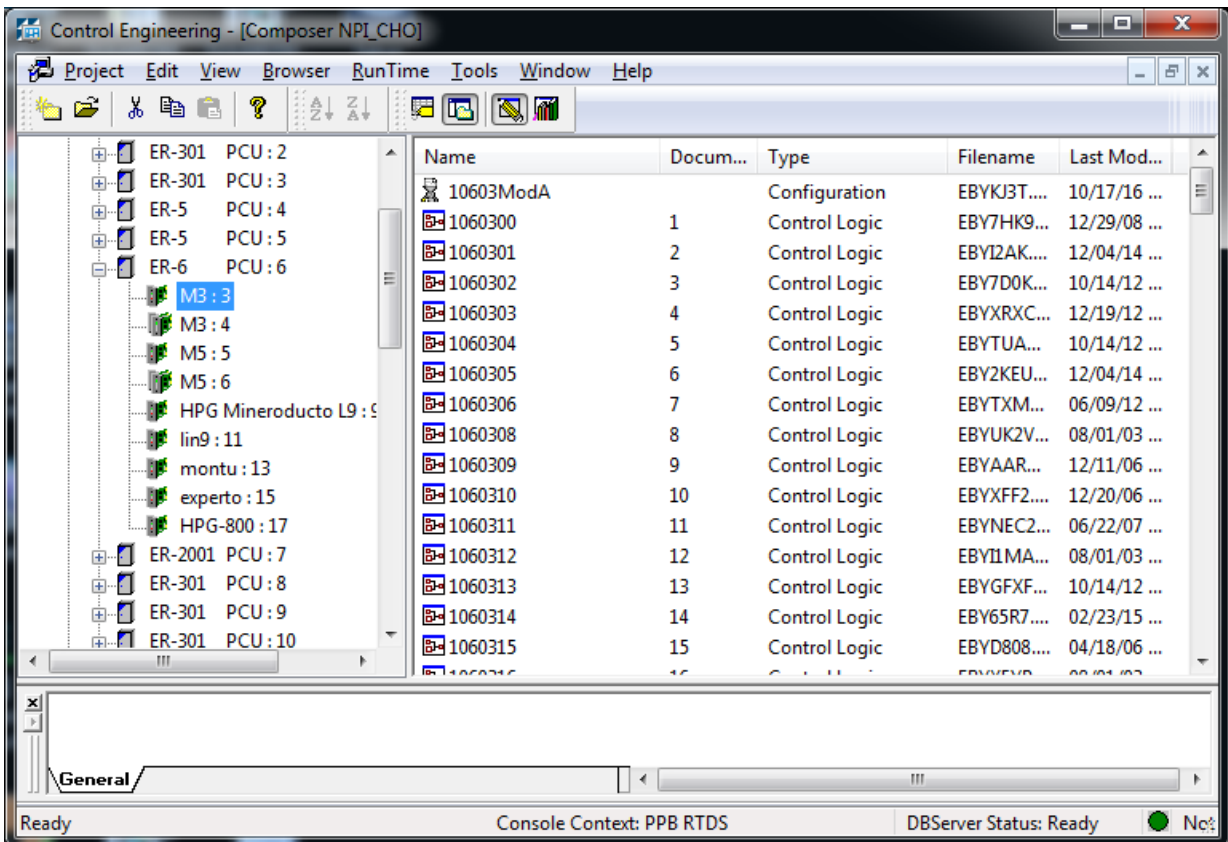
El sistema 800xA es un sistema DCS (Sistema de Control Distribuido), por lo tanto, utiliza una gran cantidad de software y hardware, con los cuales se puede programar, monitorear y controlar grandes sistemas de control con mayor facilidad.

2.4.1.1. Composer

Composer es el software que se utiliza para diseñar la lógica del sistema Infi 90, originalmente creado por la empresa norteamericana Bailey en el año 1980. En el año 1989 Bailey fue comprada por la empresa italiana Elsag Group y luego en 1998, Elsag Bailey Group fue comprada por ABB. El sistema Infi 90, a pesar de tener casi 40 años, se ha mantenido vigente mayormente gracias a varias actualizaciones, pero además porque ha sido un sistema de control relativamente popular al nivel mundial. La última versión del sistema es llamada Symphony Harmony y fue introducido el año 1997.

La arquitectura de Composer se divide en tres áreas: Controladores (llamados PCU), Unidades de Interfaz (IU) y Consolas. La lógica se construye a través de archivos llamados Diagramas de Lógica de Control (CLD), los cuales se editan en el software externo Automation Architect. Los CLD se componen de bloques de funciones y cada bloque tiene su número de identificación única en el sistema. Algunas funciones ocupan varios bloques del sistema. Cada controlador soporta hasta 10.000 bloques.

En la figura 2-2 se puede ver la vista principal del software. A la izquierda se puede ver el árbol del proyecto y sus subestructuras. Los primeros dos elementos (List y Configuration Server) contienen datos generales del sistema, tales como constantes, tipos de datos y ajustes de la comunicación del sistema. Las últimas dos ramas principales son los dos anillos (loops) del proyecto. Bajo de cada anillo se encuentran los controladores (nodos o PCUs) asociados con sus respectivos módulos de entradas y salidas. En el ejemplo de la imagen se ve el módulo 3 de la PCU19 (ubicado en el área ER-414) con sus CLD correspondientes en el listado de la derecha. Los CLD vienen en orden, los primeros definen constantes, luego las unidades de entrada y salida, los macros y por último los diagramas de lógica adicional, los cuales contienen conversiones de datos y cálculos específicos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-2 Vista principal de CLD de Composer

Además de poder ver la lista de los CLD, existe un listado basado en los TAG asociados al módulo seleccionado, tal como se observa en figura 2-3. Para llegar a esta vista se presiona el botón marcado con rojo. En esta se puede ver información sobre qué tipo de señal está asociado a cada TAG, a qué bloque está conectado y su número único del sistema.

Row	CLD	Tag Name	Tag Description	Tag Type	CNet	Node	Control
1	10603	242-HB-PHCA	Pulso de vida PHD A	RMSC	1	6	3
2	10603	251-7R01-204	CF1Bba.3313 Descarga	MSDD	1	6	3
3	10603	251-BBAS-CARG	BOMBA DE CARGA	RCM	1	6	3
4	10603	251-DIC-459	DENSIDA DESCARG	STATION	1	6	3
5	10603	251-EVENT-3312	EVENTOS TRIP BBA	ANALOG	1	6	3
6	10603	251-EVENT-3313	EVENTOS TRIP BBA	ANALOG	1	6	3
7	10603	251-FIT-204	FLUJO AGUA SELO	ANALOG	1	6	3
8	10603	251-HNR01-01_9P	CF1 Horas Disponible	ANALOG	1	6	3
9	10603	251-HNR01-204	CF1Bba3313 Descarga	ANALOG	1	6	3
10	10603	251-HOR01-204	CF1 Bba.3313 Descarg	ANALOG	1	6	3
11	10603	251-II-464	CF1 Bba.3312 Descarg	ANALOG	1	6	3
12	10603	251-OI-452	CF1 Torque Rastra	ANALOG	1	6	3
13	10603	251-PIT-204	PRESION AGUA SEL	ANALOG	1	6	3
14	10603	251-PIT-204D	PRESION AGUA SEL	DIGITAL	1	6	3
15	10603	251-XA-457	CF1 Bba.3312 Descarg	DIGITAL	1	6	3
16	10603	251-ZI-452	CF1 Posicion Rastra	ANALOG	1	6	3

Console Output:

```

Initializing - using view _DataBrowser Tag SystemI90
Initializing - using context PPB RTDS
Data Browser ready - 02-01-2018 17:01:41
  
```

Status: Ready | Console Context: PPB RTDS | DBServer Status: Ready

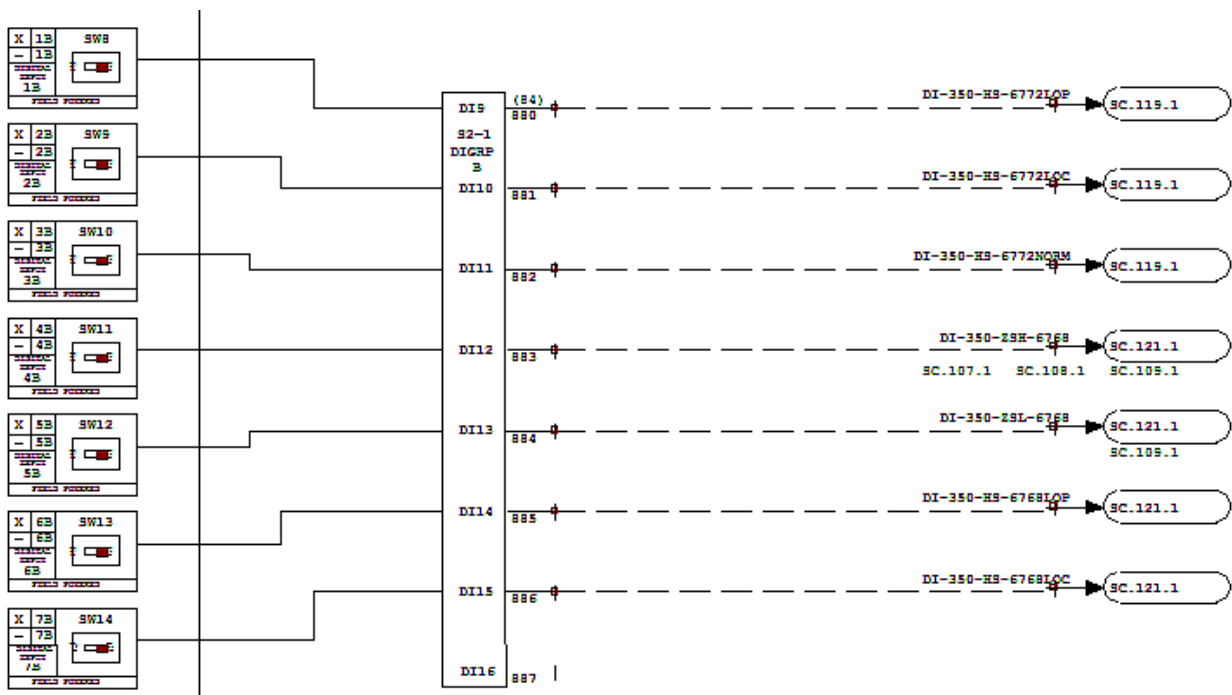
Fuente: Elaboración propia

Figura 2-3 Vista de TAGs en Composer

De las dos vistas principales de Composer se puede acceder a Automation Architect, la herramienta del diseño de la lógica. Haciendo doble click en un CLD del listado abrirá el diagrama correspondiente. La otra forma es hacer click derecho en un TAG del listado de TAGs y elegir abrir su correspondiente CLD. Esto destaca el bloque asociado con el TAG en Automation Architect. En la Figura 2-4 se puede ver un ejemplo de un CLD de una válvula ON/OFF y su lógica asociada. Las elipses a la izquierda del esquema son las entradas del CLD y pueden venir de otro CLD o una entrada física de una tarjeta, así como se observa en figura 2-5 o de comunicación (Modbus, Profibus, u otro tipo de protocolo). Las elipses a la derecha son salidas del CLD de la misma forma.

En la Figura 2-5 se ve el diagrama de una unidad de entrada, esto es la representación de la tarjeta de entrada física en Composer. En el caso presentado, se pueden ver las señales de estado de tres válvulas ON/OFF y una unidad hidráulica. Durante la etapa de ingeniería de detalle, estos diagramas fueron vitales para poder identificar qué entradas y salidas del sistema existían físicamente.

Además de poder visualizar la lógica del sistema, Composer cuenta con herramientas de exportación e importación de datos de varios formatos. De esta forma se pudo exportar listados de TAGs a EXCEL para generar los bases de datos necesarios para la ingeniería de detalle.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-5 Diagrama de la unidad de entrada

2.4.1.2. Engineering Workplace, Sistema 800xA

Es una aplicación creada por ABB para poder configurar el sistema DCS 800xA. En la Figura 2-6 se ve la ventana principal del software. Similar al Composer, a la izquierda se encuentra el árbol del proyecto, pero con la gran diferencia que todos los elementos del proyecto pertenecen a estructuras diferentes, cada una con su propio árbol. Las dos estructuras más usadas son Functional Structure que contiene las pantallas de la HMI con todos los elementos relacionados, y Control Structure, donde se ordenan los elementos de control como unidades de entrada y salida, y aplicaciones para los controladores. Otro ejemplo de estructuras son las de seguridad, almacenamiento de datos, servicios y administración. En definitiva, las estructuras son formas diferentes de ordenar los objetos del sistema, esto significa que un objeto puede existir en varias estructuras a la vez.

Cada objeto en el árbol contiene una cierta cantidad de aspectos o subobjetos que entregan información relevante como nombre, pantallas, gráficos, faceplate (panel de control del objeto) u otras propiedades. La configuración de la lógica del sistema no se hace en Engineering Workplace, sino en otros softwares adicionales llamado Control Builder. Para diseñar las pantallas HMI se utiliza el software PG2 (Process Graphics 2). Ambos softwares vienen incluidos en el paquete básico del sistema 800xA y se abren automáticamente desde Engineering Workplace.

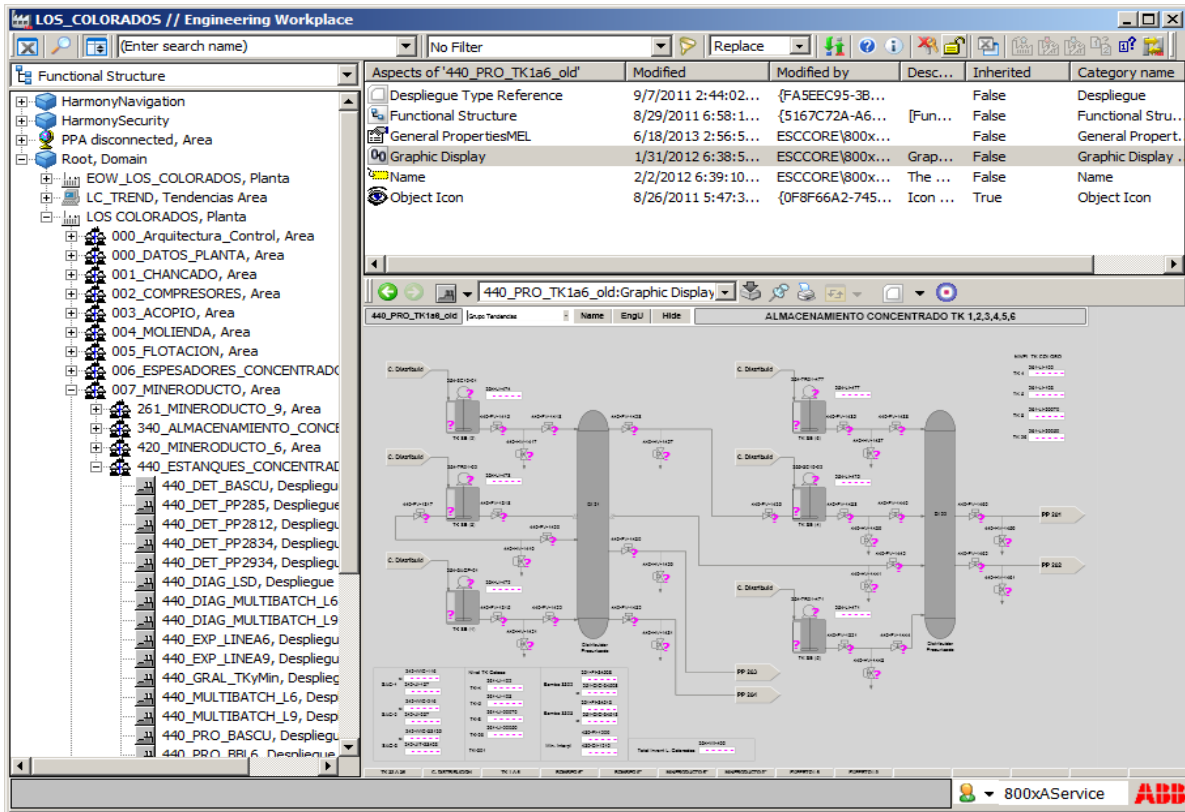
2.4.1.3. Excel

Durante la ingeniería de detalle el objetivo es crear listados, documentos y bases de datos que el cliente verifica para luego ser utilizados en las próximas etapas. La mayor parte del trabajo realizado fue elaborado en Microsoft Excel. Ambos Composer y 800xA traen herramientas para exportar datos a Excel.

En el proceso de determinar las señales relevantes para el proyecto, se hicieron varias bases de datos:

- Listado I/O: Las conexiones físicas de los controladores y PLC.
- Listado de TAGs presentes en las pantallas que se migrarán.
- Listado de señales presentes en Composer.
- Listado de equipos y sensores incluidos en la migración.

Como las PCUs 19 y 6 no se migran completamente, se realizan listados específicos en donde se comparan las señales presentes en pantalla con las de I/O. Excel incorpora varias herramientas que facilitan este tipo de trabajos, filtros, separaciones de texto y formatos inteligentes; además, se tuvieron que crear varias macros en VBA (Visual Basic para Aplicaciones) para poder manipular y transformar los datos obtenidos de Composer y 800xA.

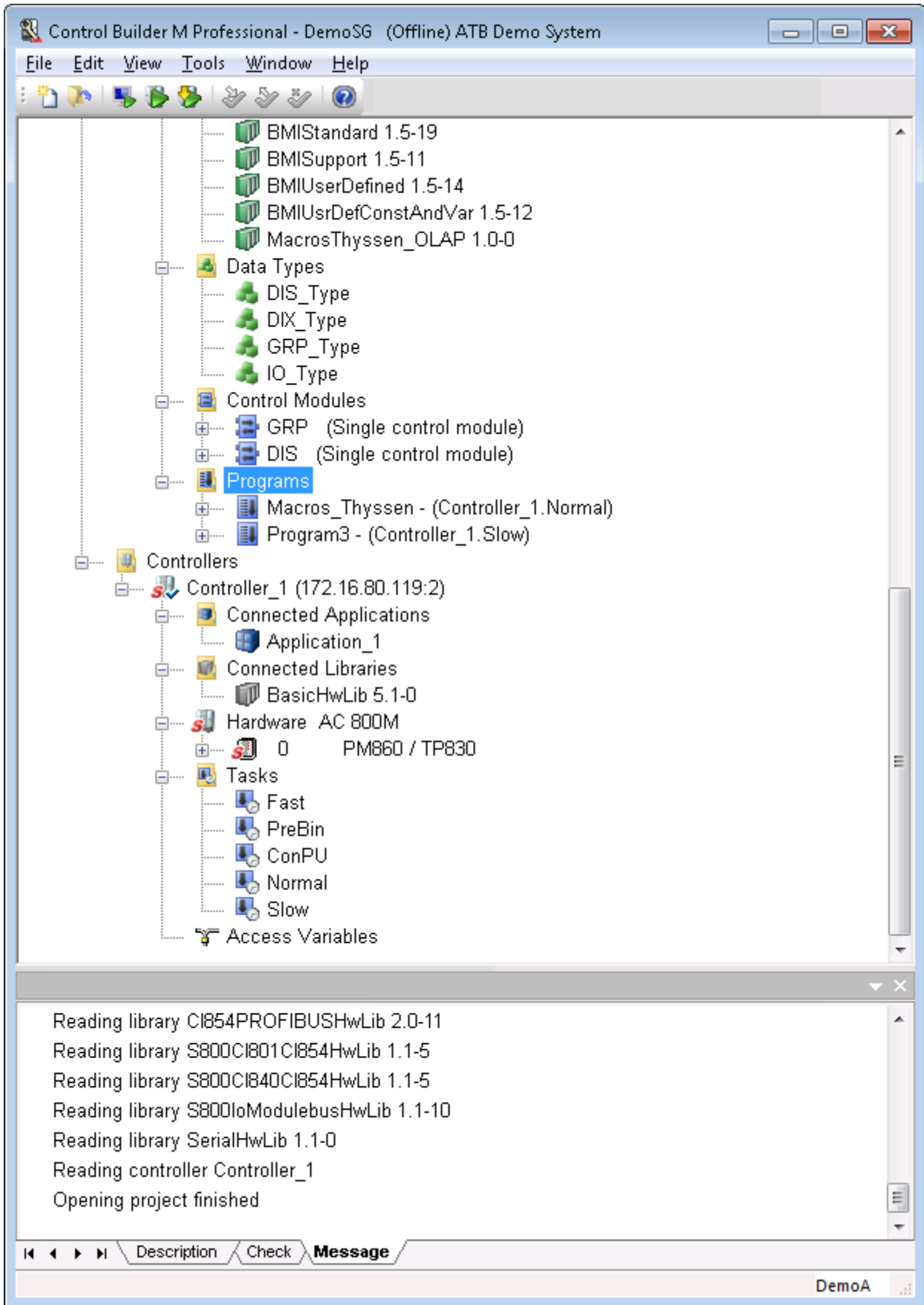


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-6 Vista principal de Engineering Workplace

2.4.1.4. Control Builder

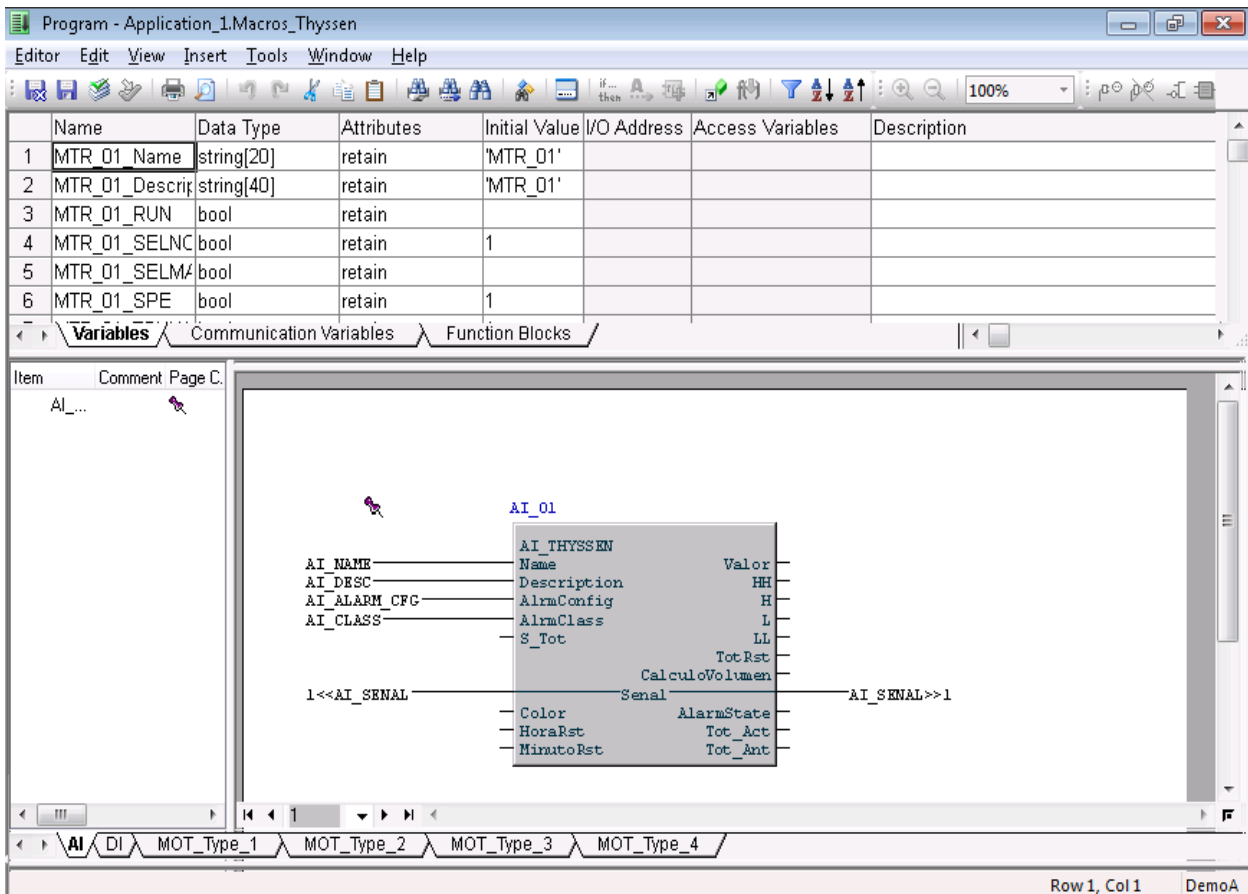
En Control Builder se construye la lógica del sistema 800xA. En la figura 2-7 se puede ver que al igual que en Engineering Workplace toma la estructura de un árbol de objetos. El primer objeto disponible es la lista de bibliotecas de objetos predefinidos. En la lógica de 800xA un equipo físico como un motor o una válvula es representado como un bloque con una cierta cantidad de entradas y salidas. Dentro de este bloque está operando una lógica, un programa o una función predefinida. Para evitar crear bloques nuevos para cada proyecto, el sistema 800xA trae bibliotecas predefinidas con equipos y objetos comunes, como motores y válvulas estándar, bloques de comunicación, conversión de datos, alarmas, eventos e iconos entre otros.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-7 Vista del árbol de Control Builder

Para los proyectos de minería existe una serie de bibliotecas llamadas BMI (Building Material and Mineral Industries). Estas bibliotecas están especializadas para proyectos grandes con una gran cantidad de sensores y equipos. Trae varios objetos estandarizados que evitan el uso de programación de lógica. Los equipos son representados por Módulos de Control (CM), los cuales traen programas predefinidos donde se les conectan sus entradas y salidas a través de listados de TAGs. De esta forma se puede conectar una gran cantidad de señales al sistema de una forma rápida, segura y estructurada.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-8 Ejemplo de lógica programada en bloques de funciones

En la figura 2-8 se puede ver un ejemplo de lógica programada en FBD. La parte superior de la ventana contiene la lista de variables y bloques de funciones presentes en el programa y la parte inferior contiene la lógica programada dividida en hojas y pestañas, listo para imprimirse si se desea. Como se mencionó en el primer capítulo, existen cinco lenguajes de programación y es posible utilizar los cinco en el mismo programa, pero no dentro de la misma pestaña.

Programando en BMI es similar, pero con la diferencia que solo la parte superior de la ventana esté disponible, es decir, la lógica no es accesible como ya está hecha y el CM actúa similar a un bloque de funciones.

2.4.2. Proceso

Al iniciar el trabajo de ingeniería de detalle, se definieron los documentos necesarios para emitir al cliente para poder avanzar con los próximos pasos del proyecto. Los documentos principales que se desarrollaron son:

- Listado I/O
- Listado de equipos
- Arquitectura de Red
- Listado de enclavamiento
- Planos de disposición
- BOM (Bill Of Materials - Listado de Materiales)

2.4.2.1. Construcción de bases de datos

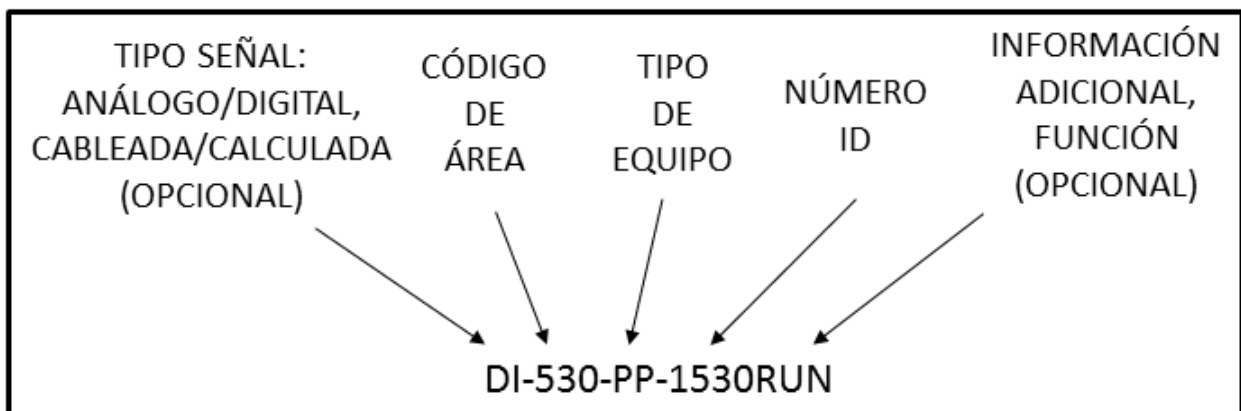
Antes de empezar a construir los listados y documentos se crearon varias bases de datos de las señales relevantes para el proyecto. Desde el Composer se exportaron los TAGs de los controladores que se querían migrar. Luego viendo el sistema de monitoreo de la planta, ya migrado a 800xA en un proyecto antiguo, se exportaron los TAGs presentes en las pantallas de HMI actuales para migrar. Últimamente se verificaron las señales físicas viendo fotos de los gabinetes tomadas durante el proceso de levantamiento, y los CLD de Composer para determinar cuántas señales cableadas existentes se tenían en el proyecto. De estas tres bases de datos se empezaron a cruzar los datos en una base de datos grande, donde se pudiera filtrar y buscar toda la información relevante para el proyecto.

Cada señal presente en un controlador trae consigo una gran cantidad de información que es relevante para la ingeniería. Además del TAG en sí, es necesario saber su descripción, su controlador, módulo, unidad de entrada o salida de origen, si pertenece a un equipo o un sensor o si es una señal calculada. El desafío fue reducir y filtrar la cantidad de datos para cada listado requerido sin perder información relevante. Todas las bases de datos fueron creadas en Excel, utilizando las herramientas de exportación de Composer y Engineering Workspace. Para crear el

listado de las entradas y salidas físicas se tuvieron que comparar las fotos con los documentos CLD, un trabajo lento con gran riesgo de equivocarse.

2.4.2.2. Métodos de organizar bases de tags

El objetivo de organizar las bases de TAGs creadas es determinar la cantidad de entradas y salidas relevantes, y a qué equipos pertenecen las señales. Los TAGs en la minera Escondida se definen según la forma que se muestra en figura 2-9:



Fuente: Elaboración propia

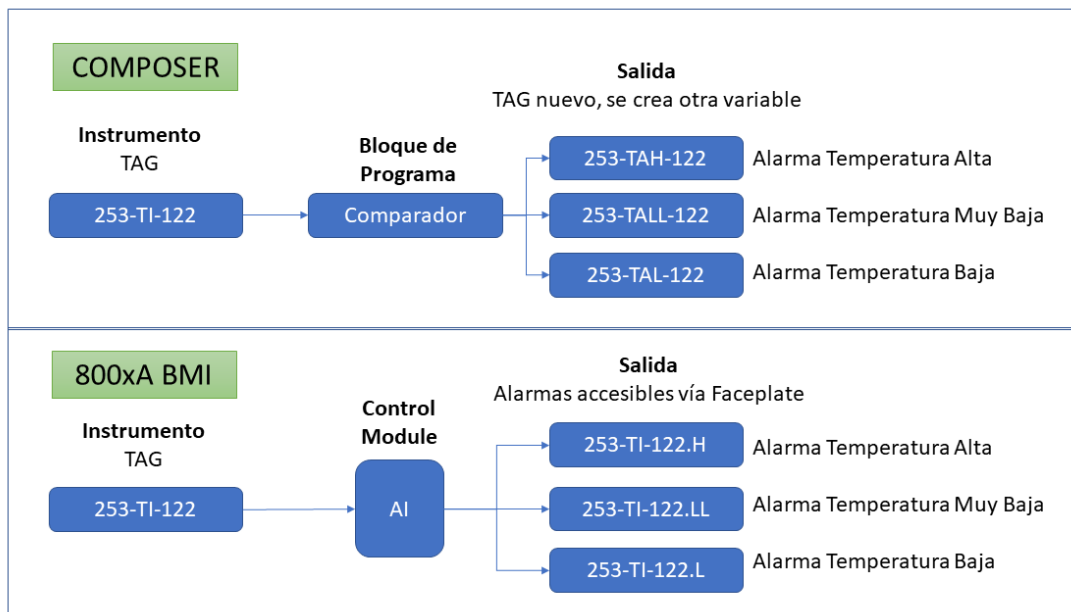
Figura 2-9 Estructura del TAG

El ejemplo arriba es una señal digital de entrada del área 530, asociada con una bomba con número individual 1530, indicando que la bomba está operando. En general los TAGs con los números ID iguales provienen del mismo equipo, por lo tanto, una forma de distinguir cuántas señales pertenecen a la migración, es filtrar la base de datos por este dato. Como el TAG es una cadena de caracteres donde la información diferente se separa por guion, se pudo utilizar la función Texto En Columnas de Excel para dividir la información en columnas diferentes. Para separar el número ID y el texto de la función, se creó una macro en Visual Basic. Esta forma de agrupar los TAGs facilita la clasificación de tipo de equipos y detectar cuántas señales se necesita migrar de las dos PCU que solamente se migran parcialmente. Para detectar señales que pertenecen a equipos, pero no comparten el mismo número ID se tuvo que manualmente leer sus descripciones de TAGs.

2.4.2.3. Análisis de lógica y verificación de datos

Durante el proceso de creación de la base de datos, en muchos casos fue necesario analizar la lógica en Composer, los planos P&ID y las filosofías de control del sistema para poder comprender el funcionamiento de los equipos diferentes, determinar la cantidad de tipos de equipos presentes, clasificar tipos de señales y variables. El Composer a nivel de aplicación no distingue con claridad la diferencia entre una señal de entrada/salida y una señal calculada o recibida por comunicación. Después de hacer cálculos, los resultados se guardan en variables diferentes, que tienen que ser llamadas por separado. En BMI del sistema 800xA, la señal es procesada en un CM donde se le asignan propiedades diferentes pero se conserva el TAG de la señal como referencia. Se puede acceder a estas propiedades a través de un Faceplate, una ventana de propiedades del objeto. La figura 2-10 demuestra una comparación. Propiedades típicas son alarmas de nivel y presión o comandos de encendido y apagado.

Esto consumió mucho tiempo durante la generación de bases de datos, ya que se tuvo que verificar y comprobar una gran cantidad de datos y TAGs uno por uno en varios sistemas no diseñados para esa tarea. Las entradas y salidas de cada CLD en Composer funcionan como hipervínculos que abren la ruta a todas las conexiones del objeto. De esta forma se logró mapear la ruta de algunos TAGs y verificar la función de otros.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-10 Comparación entre TAGs en Composer y 800xA

Los tipos diferentes de equipos también se definieron a través del Composer. Según el estándar del proyecto, existen los siguientes equipos:

- M1: Motor de una velocidad y partida directa de baja tensión.
- M2: Motor de velocidad variable de baja tensión.
- M3: Motor de una velocidad y partida directa de media tensión.
- M4: Motor de velocidad variable de media tensión.
- V1: Válvula manual con actuador neumático.
- V3: Válvula manual con actuador motor.
- V4: Válvula ON/OFF de un comando.
- V5: Válvula ON/OFF de doble comando.

En Composer las macros de control de los equipos son hechos como planos de lógica en los CLD. Esto significa que se tiene que comparar la lógica del CLD con la planilla de definiciones de equipos para lograr entender a qué tipo de equipo corresponde la macro.

2.4.2.4. Construcción y gestión de documentos

De las bases de datos creadas, se generaron los documentos de ingeniería, de los cuales el documento más importante es el listado I/O. La cantidad de entradas y salidas físicas determinan el tamaño del proyecto de migración y cuando se cotiza y hace ofertas, este factor es usado para el cálculo del costo. Además, el listado I/O determina cuántos equipos y módulos se debe instalar. En resumen, el listado I/O sirve como base para los otros documentos y planos del proyecto. Como muchas empresas de ingeniería, todos los documentos en FSM son creados en varias revisiones:

- Revisión A: Internal Review (revisión interna de los documentos y/o planos desarrollada por las distintas disciplinas)
- Revisión B: Client Review (revisión de documentos y/o planos por parte del cliente)
- Revisión C: Client Approval (emisión para aprobación del cliente)
- Revisión 0: Issued for Construction or For Use (Emitido para construcción y/o uso)
- Revisión 1,2: Modifies Indicated (modifica lo indicado, solicitado por el cliente o por FSM)

CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA ESTADÍA PROFESIONAL

3. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA ESTADÍA PROFESIONAL

Durante la estadía profesional desarrollada, FSM Ltda. encargó una variedad de tareas a los estudiantes, para las cuales fue necesario realizar capacitaciones e investigaciones de información. Ya que el trabajo realizado se trató de un proyecto de migración de sistemas, se tuvo que estudiar el sistema nuevo (800xA), el antiguo (Bailey), información del proyecto y software necesario para las tareas diferentes.

El conjunto de las capacitaciones realizadas por FSM Ltda. y los conocimientos adquiridos por la Universidad, permitió a los estudiantes realizar las tareas asignadas por sus supervisores para poder alcanzar las metas puestas por la empresa. Es importante que se realice una evaluación del desempeño del estudiante en el tiempo en que desarrolló su estadía profesional, información que les servirán tanto a los alumnos que la Universidad y la Carrera.

3.1. CONOCIMIENTOS ENTREGADOS POR LA UNIVERSIDAD

Para el desarrollo óptimo de la pasantía realizada se debió aplicar diferentes conocimientos aprendidos durante la estadía en la carrera de Técnico Universitario en Electrónica, estos conocimientos corresponden a asignaturas tanto de la formación general como de la mención de Control e Instrumentación Industrial.

Los conocimientos entregados por las asignaturas que fueron fundamentales para lograr un buen desempeño en la pasantía se describen a continuación.

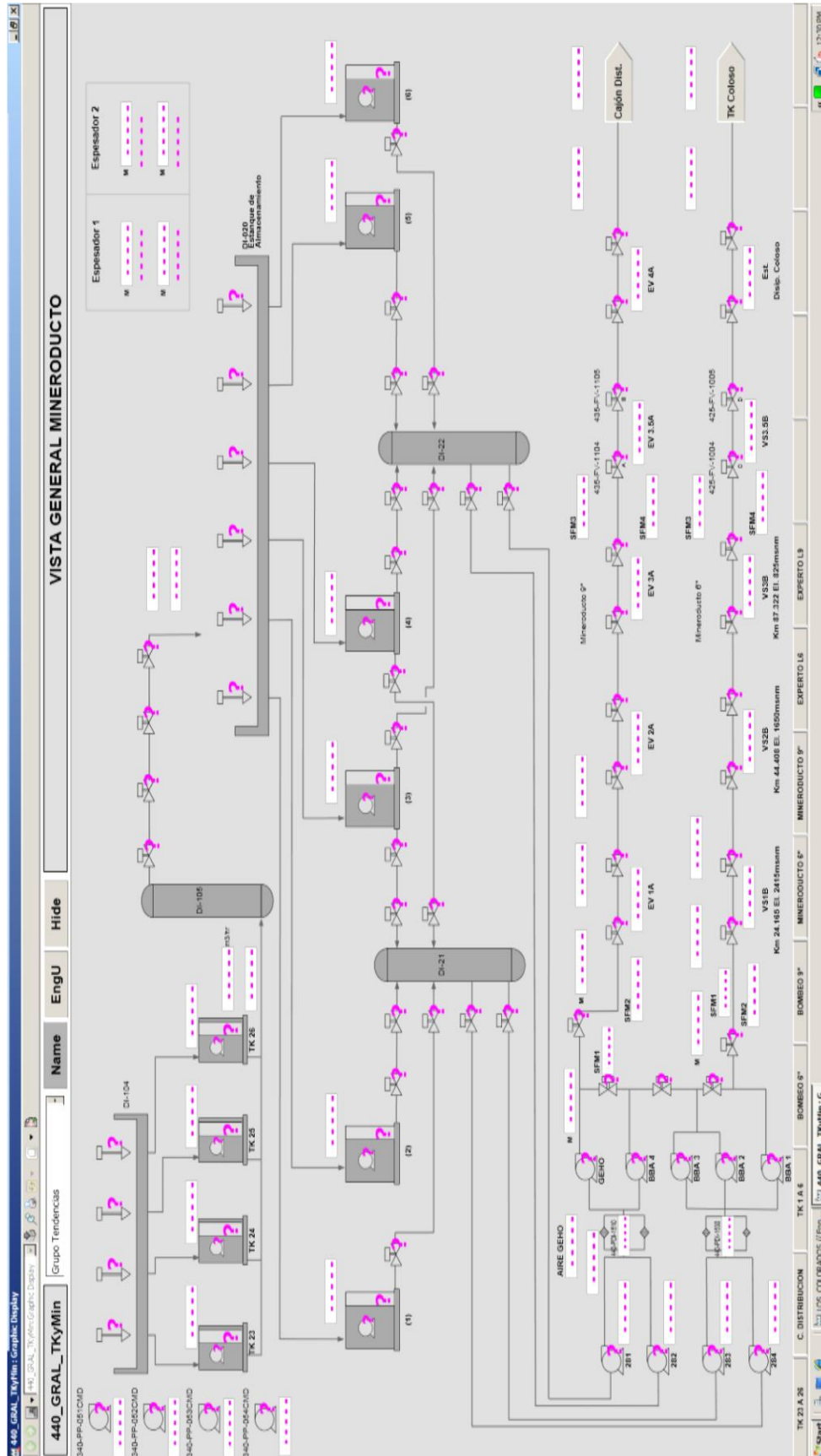
3.1.1. Instrumentación Industrial

Debido a que el proyecto en desarrollo pertenece al área de Control e Instrumentación Industrial se requieren conocimientos básicos en relación con los tipos de instrumentos y buses de campo utilizados actualmente en la industria.

Esto se aprende en la asignatura de Instrumentación Industrial, pese a que no se profundiza demasiado en ellos, sirve de base, lo que permite que no sea difícil aprender más acerca del tema.

En el caso de la interpretación de planos P&ID, muchas de las pantallas analizadas eran bastante similares a los planos de la figura 3-1. Los TAGs con los que se trabajó poseían las siglas

de los P&ID por lo que haber adquirido estos conocimientos fue de utilidad para identificar los instrumentos relacionados.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-1 Pantalla HMI general del Mineroducto

3.1.2. Control Automático

El haber adquirido conocimiento en Control Automático y Control de Procesos permitió realizar de mejor forma el análisis de la lógica de control del sistema Bailey. Esto se aplica a la hora de realizar la ingeniería inversa necesaria para obtener información que no fue posible obtener por parte de MEL.

El hecho de haber utilizado el PLC Siemens a través del TIA Portal v13, hizo que el entender los softwares del sistema Bailey y 800xA fuera bastante más simple.

3.1.3. Control de Procesos

Al igual que con la asignatura de Control Automático el seguir profundizando en lógicas de control, funcionamientos y prestaciones del controlador y del HMI permite tener una idea más clara de cómo se trabaja en este tipo de área.

Existe una gran cantidad de elementos comunes entre lo estudiado en la asignatura y lo realizado como análisis en la pasantía, por lo que se tiene las nociones básicas que permiten desenvolverse de mejor forma.

3.1.4. Tecnología de la Información

Es importante destacar que el sistema 800xA funciona en base a múltiples softwares, los que a su vez son compatibles con Excel de Microsoft Office, que fue el programa más utilizado a lo largo del desarrollo de la pasantía.

Excel permite realizar todo el trabajo de análisis de TAGs que se realiza en la ingeniería de detalle; es fundamental a la hora de automatizar el trabajo ya que facilita las cosas cuando se maneja demasiada información que, en caso contrario, puede tomar muchísimo más tiempo realizar el mismo trabajo. Otro punto a destacar es que gran parte de la documentación definida como entregables en la ingeniería de detalle se realizan en base a los documentos Excel que se desarrollan.

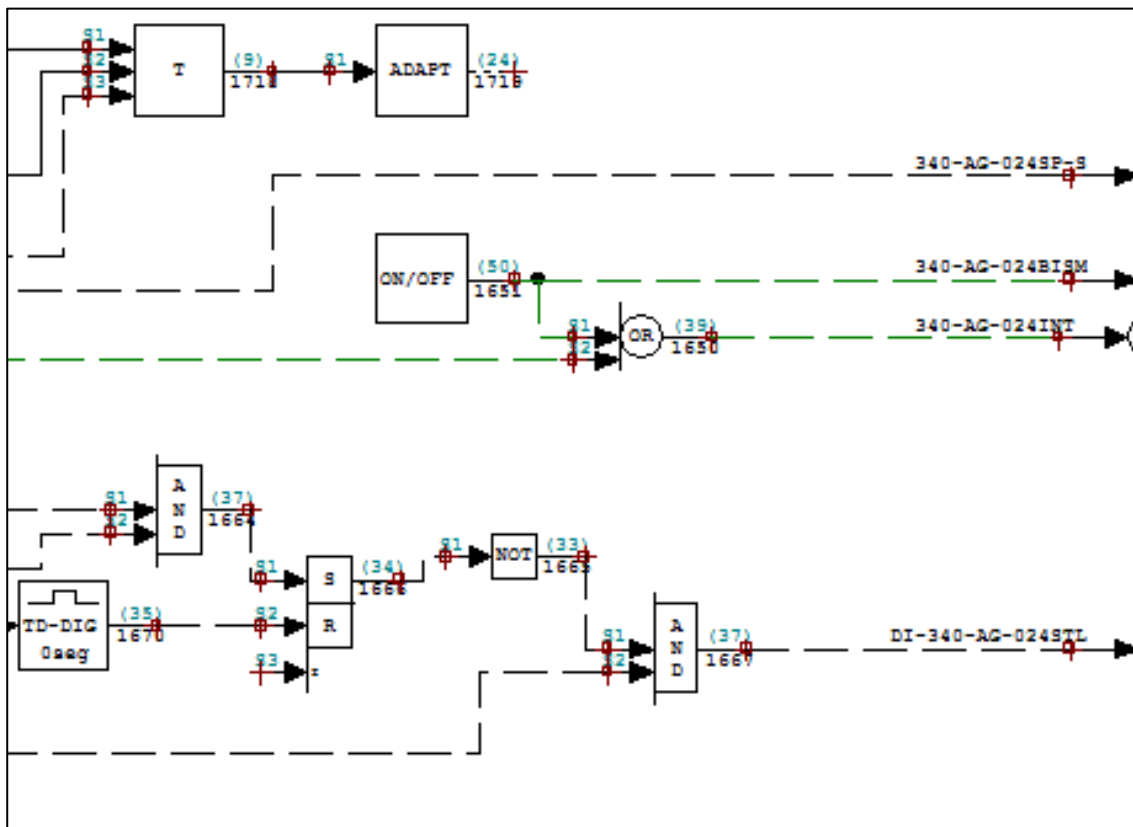
En la asignatura de Tecnología de la Información es en donde se aprende a utilizar esta herramienta, sus funcionalidades características y prestaciones. Gracias a esto se tiene una idea más clara del tipo de software y de los que es capaz, pudiendo aplicar muchas de las herramientas aprendidas.

3.1.5. Sensores y Transductores Industriales

La asignatura de Sensores y Transductores al igual que la de Instrumentación Industrial permite tener los conocimientos generales a la hora de hablar de sensores, esto ayuda en el análisis de los elementos que se utilizan en terreno y que forman parte del proyecto.

3.1.6. Sistemas Digitales

Esta asignatura aporta en gran medida las bases para realizar análisis de lógicas de control, gracias al estudio de las compuertas lógicas vale decir AND, OR, NOT, sistemas secuenciales, bloques, entre otros, que fueron fundamentales para reconocer la lógica utilizada en Composer del sistema Infi 90. Este sistema está en gran parte creado en base a compuertas lógicas y bloques de funciones simples como se observa en la figura 3-2 debido a que es un sistema relativamente antiguo.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-2 Ejemplo de lógica programada en Composer

3.1.7. Microcomputadores

Para desarrollar las tareas asignadas es necesario involucrarse con los softwares de programación de los sistemas Bailey y 800xA. Para esto es necesario conocer la estructura de funcionamiento en las cuales están incluidos los lenguajes de programación.

Con esta asignatura se puede comprender la estructura fundamental en el ámbito de la programación de sistemas de control, conceptos como entrada y salida, compilación, entre otros, que son aplicables tanto en la programación de microcontroladores como en la de sistemas.

Gracias a que se aprende a programar en lenguaje C, no fue difícil poder aplicar las bases de la programación en VBA, esto permite realizar códigos en Excel que facilitan mucho el trabajo.

3.2. CONOCIMIENTOS QUE DEBERÍAN SER ENTREGADOS POR LA UNIVERSIDAD

A pesar que durante los casi 3 años que dura la Carrera se desarrolla una formación integral del estudiante.

Es inevitable que durante la pasantía se adquieran conocimientos nuevos que podrían ser incluidos durante la formación académica.

3.2.1. Programación de sistemas

Es cierto que durante el desarrollo de la Carrera se aprende a programar en C y Ladder, pero sería de gran utilidad que se ampliara un poco esta área, debido a que dentro de la industria de los sistemas de control existen otras alternativas muy utilizadas, como lo son la programación en bloques y las secuenciales.

3.2.2. Inglés técnico

La asignatura de inglés que se desarrolla durante los dos primeros años de la Carrera desarrolla un inglés general para que el alumno tenga las nociones básicas del idioma.

Durante el desarrollo de la pasantía se hace fundamental conocer el idioma debido a que la mayor parte de los softwares, hojas de datos, manuales entre otros están en inglés. Es necesario un inglés más técnico enfocado en el área, si bien es cierto la segunda parte de la asignatura se enfoca en el inglés técnico, es poco lo que se profundiza en éste.

3.2.3. Sistemas de control

Durante la estadía en FSM y el desarrollo del proyecto asignado se habla de la creación de sistemas interconectados y se menciona gran cantidad de conceptos que no se estudian durante el periodo académico.

Es cierto que durante la asignatura de instrumentación se hace reseña a los buses de campo como Modbus o Profibus, tipos de sistemas como DCS o SCADA, pero que no se ahonda demasiado en ellos. En el área del control es sumamente importante entender su funcionamiento y características para poder discriminar en qué circunstancias uno es más beneficioso que otro.

Otro punto a destacar y con el cual se trabaja bastante en este tipo de empresas es en la creación de redes de comunicación, en donde aparecen conceptos poco conocidos como servidor, red virtual por nombrar algunos. Por tanto, sería importante acercar a los alumnos este tipo de área.

3.3. CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS EN CAPACITACIÓN

Antes de la estadía profesional, los alumnos recibieron una capacitación introductoria del sistema 800xA en la Universidad, impartida por FSM Ltda. Durante esta inducción que tuvo por duración una semana, se logró formar un conocimiento básico de lo que es el sistema 800xA. Luego durante la estadía, el supervisor profundizó los conocimientos para poder realizar tareas más avanzadas. Además, a los alumnos se les realizó capacitaciones del proyecto, la empresa y los softwares utilizados, todo esto dividido en dos etapas principales. La primera etapa fue la instalación de los computadores de trabajo, sus softwares necesarios, la presentación de la empresa FSM Ltda y por último la introducción a la minera Escondida y el proyecto realizado. Una vez terminada esta etapa, se empezó a repasar los conocimientos obtenidos en la capacitación realizada en la Universidad para luego asignarles tareas a los estudiantes. Durante el resto de la estadía se realizaron varias capacitaciones cortas

complementarias, respondiendo dudas y agregándoles información nueva para poder realizar las tareas asignadas.

3.3.1. Capacitación sistema 800xA

Durante la capacitación del sistema 800xA en la Universidad, se hizo una presentación de FSM Ltda. donde se explicaron sus conexiones con la empresa ABB, su jerarquía, integrantes y los tipos de proyectos y trabajos realizados por la empresa. Luego se presentó el sistema 800xA, el concepto de un DCS y los diferentes softwares de los cuales se compone el sistema, junto con sus funciones y aplicaciones básicas. La última parte del curso fue un taller donde se hicieron varios ejercicios para demostrar y comprender cómo se crea, configura, programa y pone en marcha un sistema DCS 800xA. El último día se hizo una prueba de programar un controlador AC800M para demostrar cómo se efectúa el trabajo en la práctica.

3.3.2. Etapas de inducción

Al iniciar la estadía profesional, se tomaron varios días para instalar y dejar funcionando todos los softwares necesarios en los computadores que la empresa les facilitó a los estudiantes. Durante este tiempo se hizo una introducción al proyecto del minero ducto y se estudiaron planos de la planta, las ofertas propuestas y los documentos construidos anteriormente por FSM Ltda. para poder comprender todos los detalles acerca del trabajo que se realizaría.

3.3.3. Repaso del sistema 800xA

Debido al tiempo pasado desde que se hizo la capacitación, se hizo un repaso del sistema 800xA, esto para poder lograr las tareas próximas de una forma eficiente. Además, se explicaron varias funciones del sistema necesarias para lograr construir las bases de datos necesarios en el trabajo siguiente.

3.3.4. Bailey Infi 90 y Composer

En un proyecto de migración es necesario conocer tanto el sistema antiguo como el nuevo para poder analizar bien la estructura, lógica y funcionamiento de lo que se tiene que migrar. En FSM Ltda., solamente un empleado tenía experiencia del sistema Infi 90 y Composer, por lo cual él hizo dos capacitaciones del sistema. Además, se realizaron varios trabajos de investigación de los manuales para poder comprender otros detalles específicos.

3.3.5. Introducción a las librerías BMI de 800xA

Terminando la ingeniería de detalle, se hizo una capacitación de las librerías BMI del sistema 800xA para que los estudiantes pudieran comprender las diferencias de metodología, ventajas y desventajas que implica utilizar este tipo de configuración del sistema.

3.4. DESTREZAS Y HABILIDADES ENTREGADAS POR LA UNIVERSIDAD

La estadía profesional puso a prueba al pasante y los recursos que la Universidad le había entregado durante sus años de estudio. Estos recursos no solamente incluyen los conocimientos obtenidos, sino otras habilidades blandas y duras como la capacidad de trabajar en equipo, formas de analizar situaciones y estrategias al enfrentar problemas.

A continuación, se describen habilidades y destrezas esenciales para lograr un buen desempeño en la empresa y además poder realizar las tareas asignadas.

3.4.1. Capacidad de análisis

Durante la formación en la Universidad, una de las habilidades principales que el estudiante desarrolla, es su capacidad de analizar problemas y situaciones antes de llevar a cabo una solución. Está presente en todas las asignaturas de la Carrera, ya que los laboratorios y las clases teóricas se basan en analizar, construir y optimizar sistemas y circuitos electrónicos diferentes. La pasantía en FSM Ltda. no fue diferente en este aspecto y se les asignaron varias tareas a los pasantes, donde no hubo formas definidas de resolverlas. La mayoría de las veces, a los pasantes se les presentaron las metas u objetivos de las tareas, pero sin darles información

sobre cómo lograrlo, por lo tanto, los estudiantes tuvieron que analizar los problemas y solucionarlos de forma independiente. Principalmente se trataba de analizar la lógica y programación existente del sistema Bailey, y luego elegir la mejor forma de presentarlo. En el trabajo de ingeniería de detalle no siempre se conocen todos los detalles de un problema o las formas de obtener los resultados, por lo tanto, la capacidad de análisis es muy importante.

3.4.2. Agilidad al interpretar

Saber interpretar varios tipos de lógica y lenguajes de programación es necesario durante el desarrollo de un proyecto, ya que cada tipo tiene usos diferentes. Durante la Carrera, los alumnos estudiaron varios tipos de programación; circuitos lógicos, texto estructurado y diagramas de flujo. Con esta base se pudo interpretar con facilidad las diferentes lógicas existentes en el proyecto realizado.

Además de la interpretación de lenguajes de programación, es necesario conocer la simbología y terminología de los planes P&ID, un tema de la asignatura Instrumentación Industrial. Estos planos no solamente sirven para demostrar los componentes de un proceso sino para poder entender la lógica tras el sistema. Durante el trabajo de ingeniería de detalle del proyecto, se tuvo que leer varios planos y pantallas HMI, para poder diferenciar los distintos procesos y entender a qué subsistema o proceso pertenecía cada equipo y/o sensor.

3.4.3. Metacognición

La capacidad más importante que un alumno desarrolla durante sus años de estudio en la Universidad es la capacidad de aprender a aprender, la metacognición. Este tema siempre es destacado por los profesores de la Carrera, ya que el mundo de electrónica es un campo en constante desarrollo y el alumno jamás podrá considerarse perfeccionado. Siempre el alumno debe estudiar para seguir desarrollando sus habilidades y mantenerse actualizado y competitivo en el mercado laboral.

3.5. DESTREZAS Y HABILIDADES ADQUIRIDAS DURANTE LA ESTADÍA PROFESIONAL

El objetivo principal de la estadía profesional es adquirir nuevas habilidades y conocimientos que la Universidad no le puede entregar, pero además mejorar lo que el alumno haya aprendido durante sus años de estudio. En la estadía en FSM Ltda, los estudiantes aprendieron a interpretar y analizar diferentes sistemas de control, construir bases de datos además de cómo se estructura un trabajo de ingeniería. Los alumnos trabajaron la mayoría del tiempo en grupo y en conjunto con otros integrantes de la empresa, algo que se había practicado en la Universidad, pero que ahora se desarrolló más.

3.5.1. Análisis de lógica de control

Los estudiantes desarrollaron una buena habilidad analítica de los sistemas de control de Bailey y ABB 800xA, gracias a la gran cantidad de análisis y comparación de la programación que se tuvo que realizar durante el proyecto. Durante un trabajo de migración de sistemas esta habilidad es muy importante para poder replicar el funcionamiento del sistema antiguo.

3.5.2. Construcción de bases de datos en Excel

En la Universidad se les enseña a los alumnos la base de todos los softwares básicos de Microsoft Office, pero durante la estadía profesional se dio cuenta que la construcción de bases de datos grandes en Excel era un conocimiento muy importante que no se había aprendido antes. En un sistema de control grande, la cantidad de señales del sistema es muy grande por lo tanto es muy importante encontrar formas buenas y simples de organizarlas para poder determinar la cantidad de equipos presentes y saber qué parte del sistema se migra a qué controlador nuevo.

3.5.3. Trabajo en equipo

Es sin duda destacable la importancia de la habilidad de trabajo en grupo en el mundo laboral. Esta habilidad se trabaja en la Universidad, pero durante la estadía profesional se puso a prueba. Se hicieron muchas reuniones, diarias y semanales para determinar y planificar el

avance del proyecto, donde los alumnos participaron de la misma forma que los empleados de FSM Ltda. De esta forma se desarrollaron no solamente las habilidades blandas, como el trabajo de en equipo como tal, sino también todas las habilidades adquiridas, ya que, al incluirse al equipo, se aumenta la motivación y empeño del individuo.

CONCLUSIONES

Durante la formación técnica de la Carrera los estudiantes realizan varios proyectos, pero ninguno de los proyectos tiene la complejidad del proyecto de ingeniería visto durante la estadía profesional en FSM Ltda. La migración de un sistema de control de un minero ducto es un proceso largo, debido a varios factores. Primero el tamaño de la planta es grande, lo que implica que el control realizado es complejo ya que se tienen configurar una gran cantidad de equipos, sensores y controladores. Segundo, los procesos industriales son peligrosos, si no se toman en cuenta todos los riesgos y peligros que existan en el sistema, por lo tanto, se debe verificar cada paso hecho en el proyecto en varias instancias, para poder comprobar que no se haya equivocado en algo, y para que el cliente esté conforme con los avances.

Los proyectos de ingeniería tienen una estructura bien definida, dividida en etapas específicas, algo que no solamente permite avanzar rápidamente, sino también tener un buen control sobre el proyecto. Además, se debe destacar que la comunicación entre los socios de un proyecto es muy importante, ya que todo proyecto está en constante evolución, los detalles se cambian y los tiempos se ajustan.

La ingeniería inversa de un sistema de control es una tarea que requiere mucho tiempo. No solamente se necesita comprender el funcionamiento y la filosofía de control del proceso, sino también se debe considerar la adaptación al sistema nuevo, ya que los lenguajes de programación pueden funcionar de forma diferente. Para lograr esto, se debe estudiar los dos sistemas meticulosamente y hacer pruebas para comprobar que la conversión fue exitosa. A fondo, todos los lenguajes de programación son construidos de lógica booleana, pero las funciones, subprogramas y componentes pueden ser implementados de formas diferentes.

BIBLIOGRAFÍA

ComposerTM version 4.0. [consulta: Noviembre 2017]. Disponible en <[https://library.e.abb.com/public/69ea257855db9ffbc1256c5b0065a84d/WBPEEUS270001F2_-_en_Composer_\(Version_4.0\)_-_Overview.pdf](https://library.e.abb.com/public/69ea257855db9ffbc1256c5b0065a84d/WBPEEUS270001F2_-_en_Composer_(Version_4.0)_-_Overview.pdf)>

Información empresa FSM Ltda. [consulta: Noviembre 2017]. Disponible en <<http://www.fsmltda.cl>>

SYMPHONY/Harmony Enhanced with IndustrialIT. The Enterprise Management & Control System for Optimizing Process & Business Operations. [consulta: Noviembre 2017]. Disponible en <<https://www.dcscenter.com/pdfs/abbbaileyinfi90.pdf>>

System 800xA Product Catalog 5.1. [consulta: Noviembre 2017]. Disponible en <<http://new.abb.com/control-systems/system-800xa/800xa-dcs>>

System 800xA Product Catalog 6.0.3. [consulta: Noviembre 2017]. Disponible en <<http://new.abb.com/control-systems/system-800xa/800xa-dcs>>