

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE DATOS EN LAS PLANTAS DE FLUIDOS INDUSTRIALES, PARA SU CONTROL Y SUPERVISIÓN DE FORMA CENTRALIZADA EN EL CENTRO DE CONTROL DE SIDOR

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Córdoba B, Gustavo J.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE DATOS EN
LAS PLANTAS DE FLUIDOS INDUSTRIALES, PARA SU
CONTROL Y SUPERVISIÓN DE FORMA CENTRALIZADA EN
EL CENTRO DE CONTROL DE SIDOR**

Profesora Guía: Ing. Tamara Pérez
Tutor Industrial: Ing. Gabriel Colina

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Córdoba B, Gustavo J.
para optar al Título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2006



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES



CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 13 de noviembre de 2006

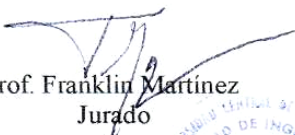
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Gustavo J. Córdoba B., titulado:


**“DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE DATOS EN LAS
PLANTAS DE FLUIDOS INDUSTRIALES, PARA SU CONTROL Y
SUPERVISIÓN DE FORMA CENTRALIZADA EN EL CENTRO DE
CONTROL DE SIDOR”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.


Prof. Antonio Martínez
Jurado


Prof. Tamara Pérez
Prof. Guía


Prof. Franklin Martínez
Jurado



DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, a mi familia y amigos.

Gustavo J. Córdoba B

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios; sin el ninguno de mis logros serian posibles. Él me permite el Don de la vida, me da valor y paz. Recibo sus bendiciones a diario y me fortalece cuando estoy decaído.

Agradezco a mis padres por todo su esfuerzo en formar de mi una persona de buen actuar y buen pensar. A mi mamá por todo su amor el cual me llena y me hace feliz; gracias por todo lo que me has dado. A mi papá por su apoyo incondicional, su amistad y su cariño sin el que hubiera sido imposible lograr esta meta. A mi hermano por estar siempre conmigo luchando por nuestro futuro mejor, por un mañana en el que ambos tengamos lo que sabemos que queremos...

A mi novia por llegar a mi vida justo cuando más la necesitaba, por devolverme algo que había perdido por algún momento; T.Q.M.

A la Universidad Central de Venezuela por permitirme convivir en su entorno y darme la oportunidad de aprender lo que hoy en día es la profesión de mi vida.

A mis amigos (Norelis, Júnior, Félix, Pablo, Enrique, Tony, Vico); gracias por compartir buenos momentos los cuales hacen que la vida sea mas placentera. A Nathamar por compartir gran parte de este largo trecho...

A quienes colaboraron, principalmente la Profesora Tamara Pérez quien me ayudo enormemente para que este objetivo pudiese ser cumplido satisfactoriamente. A mi tutor industrial Ing. Gabriel Colina; fue de gran ayuda su colaboración.

Gustavo J. Córdoba B.

Córdoba B, Gustavo J.

DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN DE DATOS EN LAS PLANTAS DE FLUIDOS INDUSTRIALES, PARA SU CONTROL Y SUPERVISIÓN DE FORMA CENTRALIZADA EN EL CENTRO DE CONTROL DE SIDOR

Profesor Guía: Ing. Tamara Pérez. Tutor Industrial: Ing. Gabriel Colina. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: SIDOR Año 2006, 123 h. + Anexos.

Palabras Claves: Diseño Lógico; Medios de Transmisión; Análisis de Criticidad; Flujo de datos.

Resumen. Se desarrolla en el presente trabajo, el diseño de un sistema de interconexión de datos que permita la unificación de información de las Plantas de Fluidos Industriales, en el Centro de Control de SIDOR. Para esto se tomó en consideración los equipos y medios de transmisión que conforman una red de datos, y que estén dentro de los estándares o convenios comerciales preestablecidos por SIDOR. Se desarrolló un estudio del ancho de banda de los niveles de red del SCADA, se hicieron todos los diagramas lógicos de automatización de cada una de las 26 plantas que conforman Fluidos Industriales y un estudio de confiabilidad operacional de este diseño propuesto. Por último se hizo un estudio de costos y el diagrama lógico completo de la red de automatización de Fluidos. Se determinó la factibilidad de desarrollo e instalación de la red propuesta, así como las características técnicas de cada enlace físico para la interconexión de cada planta con el Centro de Control de SIDOR. Se determinó que la topología lógica de la red es una configuración estrella extendida para con el Centro de Control.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE TABLAS	x
LISTADO DE FIGURAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1. Planteamiento del problema	3
2. Antecedentes.....	4
3. Objetivos	5
CAPÍTULO II MARCO DESCRIPTIVO DE LA EMPRESA	7
1. Descripción del Departamento de Fluidos Industriales.....	7
2. Descripción de las Plantas de Fluidos Industriales.....	7
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO.....	12
1. Transmisión de datos.....	12
1.1 La transmisión analógica y digital	12
2. Medios de transmisión.....	13
2.1 Medio cableado	13
2.2 Medio Inalámbrico	13
2.2.1 Propagación Radioeléctrica.....	13
2.2.2 Propagación en espacio libre: enlaces punto a punto.....	13
3. Redes de datos	15
3.1 Topologías de Red	15
3.2 Redes LAN (Local Area Network)	16
4. Protocolo de comunicación	17
4.1 Estandarización	17
4.1.1 TIA/EIA-568-B.....	18
4.1.2 EIA-232/485.....	18
4.2 TCP/IP.....	18
4.3 Ethernet	18
4.3.1 Tecnologías de Ethernet.....	19
4.4 Modbus.....	20
4.4.1 Descripción de protocolo	20
4.4.1 Modbus sobre conexión serial.....	21
4.4.2 Modbus sobre TCP/IP	22
4.4.3 Modbus Plus.....	23
5. Estándares de Automatización de SIDOR.....	24
5.1 Niveles de automatización:	24
5.1.1 Red de Nivel 1.....	24

5.1.2	Red Remota I/O	25
5.1.3	Red de Nivel 2.....	25
5.2	PLC's Modicon, Serie TSX Quantum	26
5.3	SCADA	28
5.3.1	Ivision.....	29
5.4	Sistema Operativo de Tiempo Real (RTOS), QNX 4.25 y 6.3.....	31
6.	Confiabilidad	31
6.1	Confiabilidad en sistemas	31
6.1.1	Sistemas serie.....	31
6.1.2	Sistemas en paralelo.....	32
6.1.3	Sistemas complejos.....	33
6.2	Confiabilidad operacional.....	34
6.2.1	Teoría de la Criticidad basada en la confiabilidad operacional	34
CAPITULO IV DISEÑO		37
1.	Cálculo de ancho de banda y flujo de datos en nivel 1 y 2.	37
1.1	Flujo de información en Nivel 1	38
1.1.1	Ancho de Banda del canal Ethernet de Nivel 1.....	39
1.2	Flujo de Información en Nivel 2	41
1.2.1	Ancho de Banda del canal Ethernet de Nivel 2, nivel de publicación.....	41
2.	Diseño de interconexión de datos en las plantas de Fluidos Industriales.....	43
2.1	Aguas:	45
2.1.1	Bombeo Orinoco	45
2.1.2	Estación de Bombeo Manantial	47
2.1.3	Planta de Tratamiento de Aguas Negras (PTAN).....	48
2.1.4	Bombeo Caroní	49
2.1.5	Reservorio N° 1	51
2.1.6	Reservorio N° 2.....	52
2.1.7	Octágono	53
2.1.8	Graver, Marley y Permutit	54
2.1.9	PR2.....	57
2.1.10	Vapor.....	59
2.1.11	RHCL	60
2.1.12	Planta Desmineralizadora y Planta de Cromo.....	61
2.1.13	Planta de Recirculación de Agua 3 (PR3).....	62
2.2	Gases:	63
2.2.1	PSA4, 5, 6:	63
2.2.2	Aire comprimido 2:	66
2.2.3	Hidrógeno 1 y 3:	68
2.2.4	Hidrógeno 2:	69
2.2.5	GNA	70
2.2.6	PSA3	71
2.2.7	Aire comprimido 3	72
2.2.8	SISI.....	72
3.	Conexión lógica por niveles de las plantas de fluidos Industriales.....	74

3.1	Diagrama lógico de la red de Nivel 2 de Fluidos Industriales	74
3.2	Diagrama lógico de red de Nivel 1 para Adquisición de datos.....	74
3.3	Diagrama lógico de la red de Mantenimiento de Fluidos Industriales.....	76
4.	Características de los enlaces físicos:.....	77
4.1	Enlace por Fibra	77
4.2	Sistema Inalámbrico.....	79
4.2.1	Equipos inalámbricos propuestos:	80
4.2.2	Levantamiento de los perfiles inalámbricos:.....	83
4.3	Modem y Par Telefónico.....	86
5.	Análisis de Criticidad de la Red de Automatización de Fluidos Industriales	88
5.1	Criticidad por equipos de Red.....	89
5.2	Criticidad por Nodo de Red	92
6.	Estudio de Costos.....	98
7.	Diseño lógico completo de la red de automatización de Fluidos Industriales	99
	CONCLUSIONES	100
	RECOMENDACIONES.....	102
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
	BIBLIOGRAFÍA	107
	GLOSARIO	109
	APENDICE A	112
	APENDICE B	117
	APENDICE C	120
	ANEXOS-PERFILES	121
	ANEXOS-COSTOS.....	125
	ANEXOS-IVISION	141
	ANEXOS-FIBRA ÓPTICA	142
	ANEXOS- EQUIPOS INALÁMBRICOS.....	143
	ANEXOS- MODEM.....	146
	ANEXOS-SWITCH-COMPUTADOR INDUSTRIAL	147
	ANEXOS-MAPAS	148

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1: Tiempos de scan de PLCs de Fluidos	39
Tabla N° 2: Capacidad de paquetes en el canal Ethernet.	40
Tabla N° 3: Número de registros ocupados en área de memoria en los PLCs	42
Tabla N° 4: Número total de Bits de nivel 2	42
Tabla N° 5: Número total de bits (Olga antillano, 2005).....	43
Tabla N° 6: Precios de fibra óptica.....	78
Tabla N° 7: Distancias y Costos de enlaces de fibra óptica	78
Tabla N° 8: Costos de los equipos Netkrom	81
Tabla N° 9: Costos de equipos Trango.....	82
Tabla N° 10: Balances de potencia; resultados del simulador Ondas, Netkrom.....	84
Tabla N° 11: Balances de potencia; resultados del simulador Ondas, Trango	86
Tabla N° 12: Parámetros de los registros de fallas	90
Tabla N° 13: Guía de Criticidad.....	90
Tabla N° 14: Criticidad por equipos de red	91
Tabla N° 15: Resultados de las confiabilidades de los Tramos PLC-Adq-Visualiz.	94
Tabla N° 16: Guía de Criticidad por nodo de red.....	96
Tabla N° 17: Criticidad por nodo de Red	97
Tabla N° 18: Resultados de la base de datos de fallas.	112
Tabla N° 19: Probabilidad de falla según registros de fallas	113
Tabla N° 20: Costos de impacto en producción por áreas de SIDOR.....	113
Tabla N° 21: Clientes a los que se suministran los productos y/o servicios	113
Tabla N° 22: Tiempos Promedio Para Reparar (TPPR).....	114
Tabla N° 23: Listado de equipos para los costos de criticidad por Nodos de Red	115
Tabla N° 24: Confiabilidad de enlace de plantas de Fluidos.....	119
Tabla N° 25: Costos de Bombeo Orinoco: PLC	125
Tabla N° 26: Costos de Bombeo Orinoco: Equipos de Red	125
Tabla N° 27: Costos de Bombeo Orinoco: Conectores, Cables, etc.....	125

Tabla N° 28: Costos de Manantial: PLC	126
Tabla N° 29: Costos de Manantial: Equipos de red.....	126
Tabla N° 30: Costos de Manantial: Cables, Conectores, etc.....	126
Tabla N° 31: Costos de PTAN: Equipos de Red	126
Tabla N° 32: Costos de PTAN: PLC	127
Tabla N° 33: Costos de PTAN: Conectores, Cable, etc.	127
Tabla N° 34: Costos de Bombeo Caroní: PLC	127
Tabla N° 35: Costos de Bombeo Caroní: equipos de red	127
Tabla N° 36: Costos de Bombeo Caroní: conectores, cables, etc.	128
Tabla N° 37: Costos de Reservoirio 1 y 2: PLC.....	128
Tabla N° 38: Costos de Reservoirio 1 y 2: equipos de red.....	128
Tabla N° 39: Costos de Reservoirio 1 y 2: conectores, cables, etc.	128
Tabla N° 40: Costos de Octágono: PLC.....	129
Tabla N° 41: Costos de Octágono: equipos de red.....	129
Tabla N° 42: Costos de Octágono: conectores, cables, etc.....	129
Tabla N° 43: Costos de Grave, Marley, Permutit: equipos de red.....	129
Tabla N° 44: Costos de Graver, Marley, Permutit: PLC's	130
Tabla N° 45: Costos de Graver, Marley, Permutit: conectores, cables, etc.....	130
Tabla N° 46: Costos de PR2: equipos de red	131
Tabla N° 47: Costos de PR2: conectores, cable, etc.	131
Tabla N° 48: Costos de Vapor: equipos de red, conectores y cables	131
Tabla N° 49: Costos de RHCL: PLC.....	132
Tabla N° 50: Costos de RHCL: conectores, cables, etc.	132
Tabla N° 51: Costos de RHCL: equipos de red.....	133
Tabla N° 52: Costos de Demi-Cromo: PLC y switch.....	133
Tabla N° 53: Costos de Demi-Cromo: conectores, cables, etc.....	133
Tabla N° 54: Costos de PR3: PLC's.....	134
Tabla N° 55: Costos de PR3: equipos de red	134
Tabla N° 56: Costos de PR3: conectores, cables, etc.....	134
Tabla N° 57: Costos de PSA4: equipos de red.....	135
Tabla N° 58: Costos de PSA4: conectores, cable, etc.	135

Tabla N° 59: Costos de Aire 2: PLC.....	135
Tabla N° 60: Costos de Aire 2: switch.....	136
Tabla N° 61: Costos de Aire 2: conectores, cables, etc.	136
Tabla N° 62: Costos de Hidrógeno 1 y 3: PLC.....	136
Tabla N° 63: Costos de Hidrógeno 1 y 3: equipos de red	137
Tabla N° 64: Costos de Hidrógeno 1 y 3: conectores, cables, etc.....	137
Tabla N° 65: Costos de Hidrógeno 2: PLC.....	137
Tabla N° 66: Costos de Hidrógeno 2: switch	137
Tabla N° 67: Costos de Hidrógeno 2: conectores, cables, etc.....	138
Tabla N° 68: Costos de PSA3: conectores, cables, etc.	138
Tabla N° 69: Costos de PSA3: equipos de red.....	138
Tabla N° 70: Costos de Aire 3. PLC.....	139
Tabla N° 71: Costos de Aire 3. Equipo activo	139
Tabla N° 72: Costos de Aire 3: conectores, cables, etc.	139
Tabla N° 73: Costos de GNA.....	139
Tabla N° 74: Costos de SISI: equipos de red.....	140
Tabla N° 75: Costos de SISI. Cables y conectores.	140

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1: Topologías físicas de Red.	15
Figura N° 2: Trama de Ethernet	19
Figura N° 3: Cuadro de comparación de medios de Gigabit-Ethernet.	19
Figura N° 4: Niveles de comunicación de Modbus.	20
Figura N° 5: Trama general de Modbus.	20
Figura N° 6: Trama Modbus sobre una línea Serial.	21
Figura N° 7: Tamaño de la trama Modbus TCP/IP sobre Ethernet.	22
Figura N° 8: Arquitectura Modular Quantum.	26
Figura N° 9: Red tipo puente fuente.	33
Figura N° 10: Modelo de consecuencias de una falla.	36
Figura N° 11: Diagrama lógico de red de automatización	37
Figura N° 12: Interconexión lógica por medios de Tx de la Red de Fluidos	44
Figura N° 13: Diagrama de la red de automatización de Bombeo Orinoco	46
Figura N° 14: Diagrama de la red de automatización de Manantial	48
Figura N° 15: Diagrama de la red de automatización de PTAN	49
Figura N° 16: Diagrama de la red de automatización de Bombeo Caroní	51
Figura N° 17: Diagrama de la red de automatización del Reservorio 1.	52
Figura N° 18: Diagrama de la red de automatización del Reservorio 2.	53
Figura N° 19: Diagrama de la red de automatización de Octágono.	54
Figura N° 20: Diagrama de la red de automatización de Graver, Marley y Permutit. .	56
Figura N° 21: Diagrama lógico de la red de automatización de PR2	58
Figura N° 22: Diseño lógico de la red de automatización de Vapor	60
Figura N° 23: Diagrama de la red de automatización de RHCL.	61
Figura N° 24: Diagrama de la red de automatización de Demi y Cromo	62
Figura N° 25: Diagrama de la red de automatización de PR3	63
Figura N° 26: Diagrama de la red de automatización de PSA4.	65
Figura N° 27: Diagrama de la red de automatización de PSA5.	66

Figura N° 28: Diagrama de la red de automatización de PSA6.....	66
Figura N° 29: Diagrama de la red de automatización de Aire 2.....	67
Figura N° 30: Diagrama de la red de automatización de Hidrógeno 1 y 3	69
Figura N° 31: Diagrama de la red de automatización de Hidrógeno 2	70
Figura N° 32: Diagrama de la red de automatización de GNA	70
Figura N° 33: Diagrama de la red de automatización de PSA3.....	71
Figura N° 34: Diagrama de la red de automatización de Aire 3.....	72
Figura N° 35: Diagrama de la red de automatización del Centro de Control.....	73
Figura N° 36: Red de Nivel 2 (Nivel de Fluidos)	74
Figura N° 37: Conexión por Nivel 1 (Octágono-SISI)	74
Figura N° 38: Conexiones Nivel 1 Ppal y RDD de Aire 2 y 3, Hidrógeno 1, 2 y 3, GNA.....	75
Figura N° 39: Conexiones por nivel 1 de las plantas lejanas de Fluidos Industriales.....	75
Figura N° 40: Conexión por Nivel 1 de Demi y Vapor	76
Figura N° 41: Red de Mantenimiento de Fluidos Industriales	76
Figura N° 42: Conexión lógica de los enlaces inalámbricos propuestos	80
Figura N° 43: Equipos Netkrom: Air 54Mb CPE Bridge	81
Figura N° 44: Trango: Access5830, Fox5800 y Fox5800 con antena reflectora	82
Figura N° 45: Diagrama unifilar de comunicaciones de Fluidos Industriales.....	87
Figura N° 46: Registros de fallas de equipos	89
Figura N° 47: Criticidad por equipos de red	92
Figura N° 48: Flujo de datos entre Bombeo Orinoco-SISI	93
Figura N° 49: Criticidad por nodos de red	97
Figura N° 50: Desviación estándar para criticidad por equipos.....	112
Figura N° 51: Desviación estándar de criticidad por nodos.....	116
Figura N° 52: Flujo de datos Orinoco-SISI	117
Figura N° 53: Flujo de datos Graver-SISI.....	118
Figura N° 54: Perfil Bombeo Caroní.....	121
Figura N° 55: Perfil Bombeo Orinoco.....	121
Figura N° 56: Perfil Reservorio 1	122
Figura N° 57: Perfil Reservorio 2	122
Figura N° 58: Perfil de Octágono	123

Figura N° 59: Perfil de PTAN.....	123
Figura N° 60: Perfil de Manantial.....	124
Figura N° 61: Estructura del Ivisión	141
Figura N° 62: Fibra Óptica; BX-Series Breakout Cables	142
Figura N° 63: Especificaciones técnicas de la Fibra Óptica.....	142
Figura N° 64: Características generales de la Fibra Óptica	142
Figura N° 65: Especificaciones técnicas de equipos Netkrom.....	143
Figura N° 66: Especificaciones técnicas de equipos Trango Access 5830.....	144
Figura N° 67: Modelos de equipos Trango Fox 5800.....	144
Figura N° 68: Especificaciones técnicas de equipos Trango Fox 5800.....	145
Figura N° 69: Modem ASM 10/8.	146
Figura N° 70: ASM-MN-214 Front Panel.....	146
Figura N° 71: Switch serie Cisco Catalyst 3750	147
Figura N° 72: Switch Moxa: EtherDevice™ Switch EDS-508 Series.....	147
Figura N° 73: Industrial Media Converters IMC-101 Series.....	147
Figura N° 74: Computador Industrial: Advantech: IPC-610-F	147

INTRODUCCIÓN

La automatización de los procesos industriales, así como el monitoreo y observación de sus sistemas, hace imprescindible el uso de un sistema de interconexión de datos que sea confiable, seguro y práctico, adaptado a las necesidades y características propias de las industrias.

En el afán de la automatización de los sistemas industriales de SIDOR y la optimización de sus perfiles de operación y gestión, se requiere de la interconexión de datos entre las plantas de Fluidos Industriales con el Centro de Control del complejo siderúrgico. Esto con el firme propósito de unificar y concentrar la información de operación y control de estas plantas, en un sistema único que controle, monitoree, supervise y opere las variables que se deseen observar y manejar.

Con la implementación de un adecuado sistema de transmisión, así como de los demás equipos que conforman todo el sistema de interconexión (tales como tarjetas de comunicación, switch y adquisidores de datos) se busca completar la automatización en estas áreas de servicios, generando bienestar económico y facilitando la visualización de fallas en los procesos. Con esto se aumenta la eficiencia de los sistemas y su mayor productividad.

Estos sistemas de interconexión manejan los datos que se generan en las plantas de agua y gas; estas redes utilizan uno o varios protocolos para este fin. Actualmente en SIDOR ya están desarrollados una serie de estándares muy completos para todos los proyectos a realizar en las áreas de automatización, por lo que el diseño se basa en dichos estándares de red; donde se definen protocolos de comunicación, arquitecturas de red, criterios para automatización, especificaciones técnicas, estándares de certificación y se dan recomendaciones.

El diseño de interconexión de datos se hizo tomando en cuenta las tecnologías de punta existentes en el mercado. También evaluó la confiabilidad operacional del mismo, su escalabilidad, y la factibilidad económica de su implementación.

Este trabajo está estructurado en cuatro capítulos; en el primero se presentan los fundamentos de la investigación, donde se plantea el problema y se colocan los antecedentes encontrados a este trabajo. En el capítulo dos, está el marco descriptivo de la empresa donde se colocan las características resaltantes de las plantas de Fluidos Industriales. En el capítulo tres, se incluye el marco teórico donde se encuentra la documentación relacionada al diseño. Finalmente en el capítulo cuatro, se presenta el diseño y los estudios previos y posteriores al mismo como los son el estudio de ancho de banda y el análisis de confiabilidad operacional del mismo.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Planteamiento del problema

En el área de Fluidos Industriales de SIDOR, se cuenta con 26 plantas de aguas y gases distribuidas por todo el complejo Industrial, de las cuales un 70% están automatizadas. En el Centro de Control de SIDOR actualmente funciona el despacho de energía eléctrica, donde se hacen de forma remota las operaciones en las 6 sub-estaciones de SIDOR, este despacho se quiere ampliar y colocar el de fluidos para el control de las operaciones de las plantas de agua y gas, con tecnología de punta para la transmisión de datos. De aquí se debe tener la posibilidad de supervisar y operar las plantas automatizadas y dejar el camino para las que están en vías de automatización.

Las plantas de Fluidos Industriales de SIDOR, han alcanzado un nivel de 70% de automatismo pero de forma independiente, es decir cada planta tiene su supervisión y control desde ella misma.

En la empresa los sistemas de control que funcionan están estructurados con varias tecnologías y protocolos algunos, con varios años de servicio, otros mucho más modernos. La intención de este proyecto es unificar y estandarizar todos estos sistemas de automatización, con el propósito de crear una red de información de las plantas de Fluidos Industriales, permitiendo la coordinación eficiente entre ellas, la mejora de muchos procesos, la disminución de los tiempos de corrección de fallas, y la optimización de recursos humanos.

Se debe tomar en cuenta para este diseño, los estándares para redes de automatización y varios convenios comerciales preestablecidos por la empresa para equipos de comunicación y control. Algunos de estos fabricantes son: Modicon para los PLCs;

Advantech para adquisidores, PCs y servidores; Cisco System y Moxa para equipos de red como Switches y convertidores de medio; Optical Cable para fibra óptica y RAD Data Communication para modems de datos.

2. Antecedentes

2.1 Antillano, O. (2005): Realizó un trabajo titulado “Diseño de la interconexión de los sistemas de control de las plantas de agua de SIDOR” que consistió en el diseño de la interconexión de varias plantas de tratamiento y distribución de agua de SIDOR. Este sistema estaba formado por dieciséis (16) nodos (Plantas) físicamente distantes. El estudio se realizó a través de una investigación no experimental, utilizando como base documentación bibliográfica, manuales y catálogos de productos de las diferentes tecnologías disponibles.

La solución definitiva del trabajo de Antillano fue la conexión inalámbrica con equipos Trango Broadband en la banda libre de 5,8 Ghz. Los perfiles indicaron la necesidad de un punto de repetición en el edificio de Planta de Pellas. Este trabajo sirvió de inicio a este proyecto, de aquí se tomaron algunos resultados del levantamiento de información hecho por la Ing. Antillano incluyendo los equipos inalámbricos aprobados en esta Tesis (Trango Broadband).

2.2 Sulbarán, K. (2004): Realizó un trabajo titulado “Diseño del sistema de control y comunicación Inalámbrica-Radioenlace de seis plantas de aguas de SIDOR”. Este trabajo comprendía la interconexión vía inalámbrica con seis plantas de aguas. El diseño del modelo de comunicación consistía en una estación maestra en la Planta de Recirculación de Agua 3 (PR3), con conexión indirecta desde cada una de estas plantas usando un punto medio representado por un repetidor en el edificio de Planta de Pellas. El cálculo de los perfiles se hizo para equipos que operen en la Banda UHF, específicamente la Sub-Banda 450 Mhz – 470 Mhz.

De este trabajo se extrajo información concerniente a la ubicación en los mapas de las plantas, documentación descriptiva del proceso industrial de algunas de estas y las consideraciones de realizar un enlace inalámbrico desde estas seis plantas.

Cabe destacar que ninguno de los dos trabajos antes mencionados, fueron implementados por la empresa, esto por falta del apoyo económico necesario para llevar a cabo dichos proyectos.

3. Objetivos

3.1 General:

Realizar el diseño de un sistema de interconexión de datos que permita la totalidad de la supervisión y control de Las Plantas de Fluidos Industriales, considerando los medios de transmisión de datos, conmutadores y sistemas de adquisición.

3.2 Específicos:

- Estudiar el proceso y los sistemas de control existentes en la industria básica SIDOR y que se correspondan con la posible red de interconexión de datos, los estándares establecidos por la empresa para los sistemas de automatización, la instrumentación del sistema de interconexión a diseñar, y las topologías físicas y lógicas de red existentes.
- Estudiar los distintos protocolos de comunicaciones, fabricantes y equipos existentes en las redes de automatización de SIDOR y sus tecnologías utilizadas necesarias para el diseño de interconexión de datos de las plantas de Fluidos Industriales.
- Realizar el diseño del sistema de interconexión tomando en cuenta todas las variables propias del medio en el cual se implementará, incluyendo el diseño

lógico de la red y las modificaciones necesarias a cada una de las plantas a fin de permitir su interconexión.

- Estudiar la disponibilidad de equipos necesarios para cada enlace, que se correspondan con los estándares de SIDOR para redes de automatización.
- Analizar la confiabilidad de la Red, factibilidad económica y escalabilidad de la implementación de dicho diseño en las plantas de Fluidos industriales.

CAPÍTULO II

MARCO DESCRIPTIVO DE LA EMPRESA

1. Descripción del Departamento de Fluidos Industriales

Fluidos Industriales de SIDOR está formada por las superintendencias de Gases y Aguas.

Gases esta formado por 4 plantas de separación de aire productoras de Oxígeno, Nitrógeno y Argón, 2 estaciones de aire comprimido, dos salas de generación de Hidrógeno, una sala de mezcla de gas protector (HnX) y una estación de distribución y medición de GNA.

La Superintendencia de **Aguas** esta formada por: 3 plantas de recirculación de agua, 3 estaciones de bombeo (Orinoco, Caroní y Manantial), la planta de regeneración de ácido clorhídrico (conformada a su vez por 3 plantas de RHCL), una planta de vapor, 2 estaciones de almacenamiento, una fuente de enfriamiento de agua (Octágono), una planta desmineralizadora de agua, una planta de cromado, una planta de tratamiento de aguas negras (PTAN), una planta de agua ablandada y potable llamada planta Graver y una planta de agua potable (Permutit).

2. Descripción de las Plantas de Fluidos Industriales

2.1 Estación de Bombeo Caroní: Se encuentra en las márgenes del río Caroní a unos 7 km al sur de los límites de SIDOR. El objetivo del sistema, es suplir el insumo de agua a los usuarios del Plan IV (Acerías de Planchones y Palanquillas, Colada Continua de Planchones, Tren de Barras y Alambrón, Midrex II, HyL II, PSA4, Planta de Pellas).

2.2 Estación de Bombeo Orinoco: Ubicada al norte de SIDOR y próxima al muelle de embarque, está compuesta de la Estación de Bombeo y la Casa de Distribución. El propósito del conjunto de Bombeo Orinoco, es el de suministrar agua industrial a varias plantas instaladas. Actualmente, las únicas instalaciones usuarias de este servicio son la planta Graver, la fábrica de tubos (TAVSA) y el sistema anti-incendio.

2.3 Planta de Recirculación 1 (Planta Marley): Su función es recircular, enfriar y tratar 15.000 m³/h de agua de enfriamiento indirecto en calidad y presión que requieran sus usuarios (Midrex II y parcialmente la Planta de Oxígeno III.)

2.4 Planta Graver: Tiene como finalidad producir agua filtrada, agua potable y agua ablandada, con un caudal que está por el orden de los 750 m³/h. El agua ablandada es empleada para producir vapor en las calderas de HyL I, HyL II; en Planta de Vapor, en Colada Continua de Planchones y Palanquillas y en la Planta de Estañado.

2.5 Planta Permutit: Es una estación de almacenamiento y distribución de agua potable, y está compuesta por dos tanques y una estación de bombeo.

2.6 Planta Manantial: En ésta, el agua cruda proveniente de un manantial es embalsada en una piscina donde se acondiciona para el consumo humano (potable).

2.7 Planta de Tratamiento de Aguas Negras (PTAN): Tiene como objetivo tratar adecuadamente las aguas residuales domésticas e industriales para verterlas al Río Orinoco.

2.8 Reservorios 1 y 2: Los reservorios son dos estaciones que cuentan con dos piletas o piscinas de almacenamiento de agua de emergencia. El Reservorio 2 se ubica en la afueras de SIDOR y recibe el agua de la Estación de Bombeo Caroní, la cual es enviada por gravedad a los usuarios del Plan IV. El Reservorio 1, recibe agua

del Reservorio 2 y también la distribuye a las plantas pertenecientes al Plan IV. Estos dos sistemas de agua de emergencia tienen una capacidad de 180.000 m³, ambos abastecidos por el agua industrial de Caroní.

2.9 Fuente de enfriamiento Octágono: Esta Planta de enfriamiento de agua recirculada, sólo es utilizada para enfriamiento del agua proveniente de la Planta de Oxígeno y de la Planta de Pellas, luego gran parte del agua sale como agua industrial de reposición al resto de las Plantas de Plan IV. También se encarga de surtir agua fría a la red del sistema anti-incendio.

2.10 Planta de Recirculación 2 (PR2): Tiene por objetivo recircular agua de enfriamiento directo (13.400 m³/h) e indirecto (16.200 m³/h) de las plantas de Laminación en Caliente y Laminación en Frío, en una forma ininterrumpida.

2.11 Planta de Vapor: La planta de Vapor de productos planos consta de dos (2) calderas de capacidad de diseño de 60 Tn/h cada una; instaladas en paralelo. Los usuarios fundamentales de este servicio son los trenes de Laminación en Frío (Decapado I y II, Tandem I y II, Líneas de Estañado y Cromado I y II, Temple 1, 2 y 3, Limpieza electrolítica 1 y 2, Recocido continuo).

2.12 Planta de Regeneración de Ácido Clorhídrico, RHCL: Consta de tres (3) plantas que permiten disociar completamente los cloruros de hierro en forma de dióxido de hierro reutilizables y ácido clorhídrico. El funcionamiento de estas tres plantas es idéntico. Los usuarios de este servicio son: Decapado I y Decapado II.

2.13 Planta Desmineralizadora (Demi): Tiene como propósito desmineralizar el agua y ablandarla eliminando minerales como el hierro, calcio, magnesio, sílice, sulfato, carbonato y sodio, dando como resultado un pH neutro. La capacidad instalada es de unos 27 m³/h y toma el agua proveniente de los Reservorios 1 y 2 para enviarla a los trenes de Estañado.

2.14 Planta de Cromo (Planta de tratamiento de efluentes crómicos): Para el proceso de cromado de bobinas, se utiliza un rociado de agua la cual es contaminada con el cromo. Por ello se creó esta planta para evitar que estos efluentes contaminen el medio ambiente. La capacidad instalada es de unos 20 m³/h.

2.15 Planta de Recirculación 3 (PR3): Está diseñada para recibir simultáneamente agua de enfriamiento directo e indirecto de las Acerías, recibir agua de enfriamiento indirecto de las plantas de Reducción Directa (Midrex II, HyL I y II), tratar toda el agua afluente para recirculación en las acerías y Reducción Directa.

2.16 Planta de Separación de Aire 4 (PSA4): Produce 20.000 N-m³/h de oxígeno gaseoso, 9.000 N-m³/h de nitrógeno gaseoso, 450 N-m³/h de oxígeno líquido, 300 N-m³/h de nitrógeno líquido y 350 N-m³/h de argón líquido para los sistemas de almacenamiento de líquidos. Los clientes son: las plantas de laminación, prerreducidos, TAVSA, acerías y servicios.

2.17 Planta de Separación de Aire 3 (PSA3): Produce oxígeno gas (8.000 N-m³/h), nitrógeno gas (6.000 N-m³/h) y nitrógeno líquido (150 N-m³/h). Sirve como respaldo a PSA4 y también se encarga de suministrar los fluidos que se requieran por parte de algunos clientes de Planta Original de SIDOR. La planta original comprende: TAVSA, Midrex I, Laminación en Frío, Laminación en Caliente y Planta de Cal.

2.18 Planta de Separación de Aire 5, 6 (PSA5, 6): Ubicadas al lado de la Planta Separadora de Aire 4, son plantas creadas este año las cuales aun no entran en el proceso productivo de la empresa.

2.19 Estación de Aire Comprimido 2: Produce 10.500 N-m³/h de aire comprimido y cuenta para ello con los compresores 7, 8 y cuatro etapas en el proceso. Esta

¹ N-m³/h es producción en condiciones atmosféricas normales (N); temperatura (293°K), presión (1 atmf), etc...

estación se encarga de subir la presión del aire desde 1 bar hasta 6 bar, para suministrar el aire comprimido a Laminación Frío/Caliente y Midrex I.

2.20 Estación de Aire Comprimido 3: Su capacidad instalada es de unos 25.000 N-m³/h y cuenta con 5 compresores (Compresor 1-5). El proceso es igual al de Aire 2. Los clientes son Planta Original de SIDOR (TAVSA, Midrex I, Laminación en Frío, Laminación en Caliente, PSA3, y Planta de Cal).

2.21 Hidrógeno 1: Es una planta de producción de Hidrógeno (H₂). La capacidad instalada es de 250 N-m³/h usando un solo electrolizador. Los clientes de esta planta son Recocido 1 y PSA4.

2.22 Hidrógeno 2: Es una sala de Mezcla de Hidrógeno-Nitrógeno (HnX). Los clientes son Recocido 2 y Recocido Continuo.

2.23 Hidrógeno 3: Es una planta de producción de Hidrógeno (H₂) con una capacidad instalada de 350 N-m³/h, usando los electrolizadores A y B. Los clientes de esta planta son los mismos de Hidrógeno 1 y 2.

2.24 Estación de Gas Natural Asociado (GNA): El proveedor es PDVSA GAS y la empresa cuenta con una estación de llegada. Las plantas consumidoras de gas son Midrex I y II, HyL, que utiliza el gas como insumo para la proceso de reducción de las pellas.

2.25 SISI (Sistema de Información de Servicios Industriales): Su función es la de proveer de información a Servicios Industriales de las variables de consumo de los clientes y de producción de las plantas que conforman esta superintendencia. Se encarga de medir en línea estas variables de operación y procesos tales como Gas Natural, producción de Oxígeno, Nitrógeno, Argón, etc.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

1. Transmisión de datos

1.1 La transmisión analógica y digital

En las redes de computación, los datos a intercambiar siempre están disponibles en forma de señal digital. No obstante, para su transmisión podemos optar por la utilización de señales digitales o analógicas. Como la naturaleza de nuestros datos será siempre digital, es necesario un proceso previo que adecúe estos datos a la señal a transmitir. A continuación examinaremos los dos casos posibles: [1]

- **Información digital y transmisión de señal digital:** Para obtener la secuencia que compone la señal digital a partir de los datos digitales se efectúa un proceso denominado codificación. Los métodos de codificación más usados son NRZ (No Return to Zero), RZ (Return to Zero), Manchester y Manchester diferencial. Hay dos técnicas para transmitir las señales codificadas a través de un cable: la transmisión en banda base (usa todo el ancho de banda del canal) y la transmisión en banda ancha (usa solo una banda pasante del canal).
- **Información digital y transmisión de señal analógica:** Al proceso por el cual obtenemos una señal analógica a partir de unos datos digitales se le denomina modulación. Esta señal la transmitimos y el receptor debe realizar el proceso contrario, denominado demodulación para recuperar la información. El módem es el encargado de realizar dicho proceso. Algunos esquemas simples de modulación son: **FSK** (Modulación por desplazamiento de la frecuencia), **ASK** (modulación por desplazamiento de la amplitud), **PSK** (Modulación por desplazamiento de fase). [1]

2. Medios de transmisión

2.1 Medio cableado

Se pueden agrupar en tres grupos principales que conectan la mayoría de las redes:

- Cable Par trenzado
- Cable Coaxial (Thinnet y Thicknet).
- Fibra Óptica

2.2 Medio Inalámbrico

2.2.1 Propagación Radioeléctrica

Dependiendo de la frecuencia de trabajo existen mecanismos de propagación preferentes, que determinan el camino seguido por las ondas desde el transmisor hasta el receptor. En el caso en particular de frecuencias del orden de las microondas se estudian con mayor énfasis las llamadas ondas terrestres. Más aún de las ondas terrestres, la onda directa y la reflejada (y la multitrayectoria). [2]

2.2.2 Propagación en espacio libre: enlaces punto a punto. [2]

El espacio libre se define como un medio dieléctrico homogéneo, isótropo y alejado de cualquier obstáculo. La ecuación de atenuación por propagación en espacio libre sin tomar en cuenta la presencia de la atmósfera y suponiendo antenas isotrópicas es:

$$A_o = 32,45 + 20 \cdot \log(f_{MHz}) + 20 \cdot \log(d_{Km}) \dots\dots\dots (1)$$

Donde

f_{MHz} = La frecuencia de trabajo dada en Mhz.

d_{km} = La distancia del enlace dada en km.

$$32,45 = 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{4 \cdot \pi}{C} \right), \text{ con } c = \text{velocidad de la luz en el vacío expresado en } \frac{Km}{S} \cdot 10^6$$

La ecuación de balance de potencia recibida por el receptor, considerando las ganancias y pérdidas o atenuaciones que hay en el sistema en unidades logarítmicas (dB) viene dada por:

$$P_R = P_T + G_R + G_T - A_O - A_a \dots\dots\dots (2)$$

Donde,

P_R : Potencia recibida.

P_T : Potencia transmitida.

G_R : Ganancia receptor.

G_T : Ganancia transmisor.

A_O : Atenuación en el espacio libre.

A_a : Atenuaciones adicionales.

Margen de desvanecimiento: Se define como el índice de desvanecimiento, expresado en dB, que un receptor puede aceptar manteniendo una calidad de circuitos aceptable.

$$Md = P_R - U_R \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

P_R : Potencia recibida.

U_R : Umbral de recepción (sensibilidad del receptor)

Reflexiones sobre la superficie terrestre: Depende de las características eléctricas del suelo, del ángulo rasante, de la frecuencia de la onda emitida y de la polarización de esta. Se conoce que a frecuencias de microondas se puede considerar la superficie reflectora como un dieléctrico perfecto y que el coeficiente de reflexión depende fundamentalmente de la constante dieléctrica de la tierra y del ángulo rasante. [2]

Difracción radioeléctrica: Para enlaces de microondas la propagación se efectúa con visibilidad directa, presentándose el fenómeno de difracción únicamente debido a obstáculos presentes en el camino de propagación. Para el estudio del fenómeno de difracción sobre obstáculos naturales existen dos modelos básicos: el modelo de “filo de cuchillo” y el modelo de “colina redondeada”. [2]

3. Redes de datos

3.1 Topologías de Red

La topología de red define la estructura de una red. Una parte de la definición topológica es la topología física, que es la disposición real de los cables o medios. La otra parte es la topología lógica, que define la forma en que los *hosts*² acceden a los medios para enviar datos. Las topologías físicas más comúnmente usadas son las que se muestran en la Figura N° 1. [3]

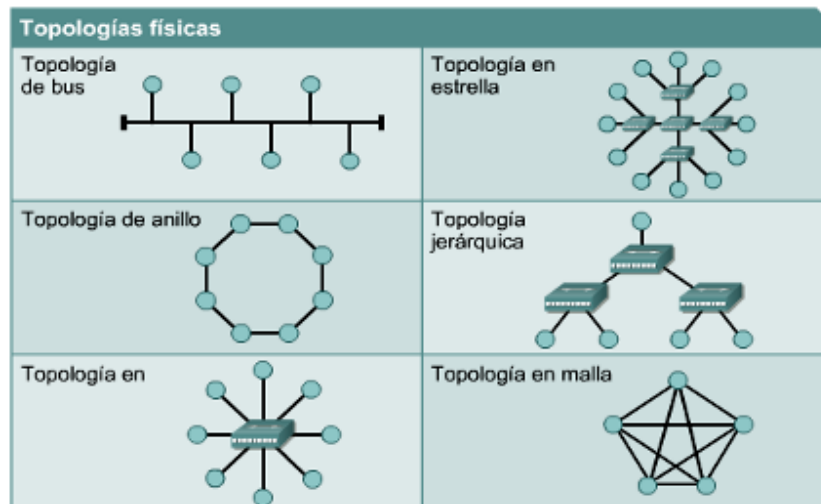


Figura N° 1: Topologías físicas de Red. [3]

- Una **topología de bus** usa un solo cable *backbone* que debe terminarse en ambos extremos. Todos los *hosts* se conectan directamente a este *backbone*.
- La **topología de anillo** conecta un *host* con el siguiente y al último *host* con el primero. Esto crea un anillo físico de cable.
- La **topología en estrella** conecta todos los cables con un punto central de concentración.
- Una **topología en estrella extendida** conecta estrellas individuales entre sí mediante la conexión de *hubs* o switch. Esta topología puede extender el alcance y la cobertura de la red.

² Aquí se refiere a computadores o Equipos Terminales de Datos.

- Una **topología jerárquica** es similar a una estrella extendida. Pero en lugar de conectar los *hubs* o switch entre sí, el sistema se conecta con un computador que controla el tráfico de la topología.
- La **topología de malla** se implementa para proporcionar la mayor protección posible para evitar una interrupción del servicio. Cada dispositivo en la red está conectado a todos los demás (todos conectados con todos).

La topología lógica de una red es la forma en que los *hosts* se comunican a través del medio. Los dos tipos más comunes de topologías lógicas son broadcast y transmisión de tokens. [3]

La **topología broadcast** simplemente significa que cada *host* envía sus datos hacia todos los demás *hosts* del medio de red.

La **topología de tokens** controla el acceso a la red mediante la transmisión de un token electrónico a cada *host* de forma secuencial. Cuando un *host* recibe el token, éste puede enviar datos a través de la red. Si el *host* no tiene ningún dato para enviar, transmite el token al siguiente *host* y el proceso se vuelve a repetir. [3]

3.2 Redes LAN (Local Area Network):

Son las conexiones en un área local. Los equipos activos que conforman una Red LAN de datos son: Repetidores, concentradores, Puentes, Switch, conectividad con el computador (NIC, Tarjeta de Interfaz de Red).

3.2.1 Redes WLAN (Wireless LAN): Las redes WLAN son las conexiones en una red de área local de manera inalámbrica. Están representadas por el estándar IEEE 802.11. Las WLAN no usan una trama estándar 802.3. Hay tres clases de tramas: de control, de administración y de datos. Sólo la trama de datos es parecida a las tramas 802.3. [4]

Debido a que la radiofrecuencia (RF) es un medio compartido, se pueden producir colisiones de la misma manera que se producen en un medio compartido cableado. La principal diferencia es que no existe un método por el que un nodo origen pueda detectar que ha ocurrido una colisión. Por eso, las WLAN utilizan Acceso Múltiple con Detección de Portadora/Carrier y Prevención de Colisiones (CSMA/CA). Cuando un nodo fuente envía una trama, el nodo receptor devuelve un acuse de recibo positivo (ACK). Esto puede consumir un 50% del ancho de banda disponible. Este gasto, al combinarse con el del protocolo de prevención de colisiones reduce la tasa de transferencia real de datos a un máximo de 5,0 a 5,5 Mbps en una LAN inalámbrica 802.11b con una velocidad de 11 Mbps. [4]

4. Protocolo de comunicación

Un protocolo de comunicación es una descripción formal de un conjunto de reglas y convenciones que rigen un aspecto particular de cómo los dispositivos de una red se comunican entre sí. Los protocolos determinan el formato, la sincronización, la secuenciación y el control de errores en la comunicación de datos. [5]

4.1 Estandarización

Se define un estándar en telecomunicaciones, como las normas y recomendaciones que regulan la transmisión en un sistema de comunicaciones, que servirán de apoyo para la definición de las especificaciones técnicas del sistema planteado. Hay varias organizaciones encargadas de regular y regir las telecomunicaciones a nivel mundial y nacional. [5].

- La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)
- La IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers
- CONATEL (Comisión Nacional de Telecomunicaciones)
- La Asociación de las Industrias de las Telecomunicaciones (TIA) y la Asociación de Industrias de Electrónica (EIA)

4.1.1 TIA/EIA-568-B: El actual Estándar de Cableado especifica los requisitos sobre componentes y transmisión para los medios de telecomunicaciones. El estándar TIA/EIA-568-B se divide en tres secciones diferentes: 568-B.1 (cableado genérico), 568-B.2 (Par trenzado) y 568-B.3 (Fibra Óptica). [6]

4.1.2 EIA-232/485

La Asociación de Industria de Electrónica (EIA) ha producido las normas para RS485, RS422, RS232, y RS423 que tratan de las comunicaciones seriales de datos, definiendo características del interfaz mecánico y eléctrico de cada recomendación.

4.2 TCP/IP

El Protocolo de control de transporte/protocolo Internet (TCP/IP) es un conjunto de protocolos o reglas desarrollados para permitir que los computadores que cooperan entre sí puedan compartir recursos a través de una red. TCP/IP se desarrolló como un estándar abierto. El protocolo TCP/IP tiene las siguientes cuatro capas: [7]

- Capa de aplicación
- Capa de transporte
- Capa de Internet
- Capa de acceso a la red

4.3 Ethernet

Ethernet es ahora la tecnología LAN dominante en el mundo. Ethernet es una familia de tecnologías LAN que se pueden entender mejor utilizando el modelo de referencia OSI (Interconexión de sistemas abiertos). Ethernet es una tecnología de broadcast de medios compartidos y usa como método de acceso al medio CSMA/CD. Su topología lógica es de bus (el flujo de información tiene lugar en un bus lineal) y física en estrella o en estrella extendida (cableada en forma de estrella). Ethernet emplea señalización banda base, la cual utiliza todo el ancho de banda del medio de transmisión. La estructura de la trama de Ethernet se muestra en la Figura N° 2. [8]

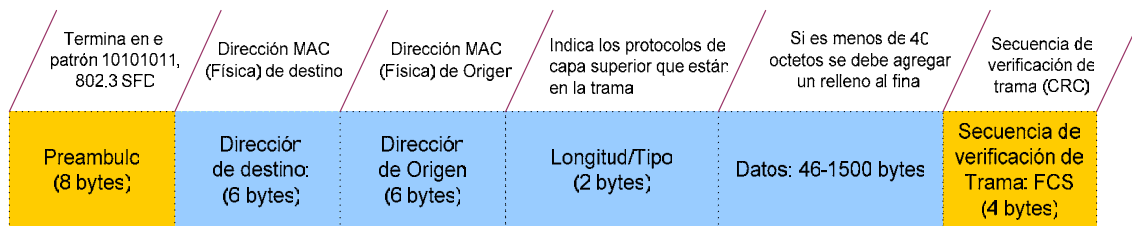


Figura N° 2: Trama de Ethernet [8]

4.3.1 Tecnologías de Ethernet

Existe Ethernet (10 Mbps), FastEthernet (100 Mbps), GigaEthernet (1 Gbps) y 10 GigaEthernet (10 Gbps); actualmente se están desarrollando otras versiones. En estas versiones más rápidas de Ethernet, el direccionamiento MAC (control de acceso al medio), CSMA/CD y el formato de trama no han sufrido cambios respecto de versiones anteriores de Ethernet. Sin embargo, otros aspectos de la subcapa MAC, la capa física y el medio han cambiado (codificación en línea, velocidades, medios de físicos, etc.) Los switches y los routers con puertos de Gigabit se están convirtiendo en el estándar para los armarios de cableado. El uso de la fibra óptica que admite Gigabit-Ethernet se considera un estándar para el cableado backbone en la mayoría de las instalaciones. La Figura N° 3 muestra la tabla de comparación de los medios de Tx de Ethernet. [9]

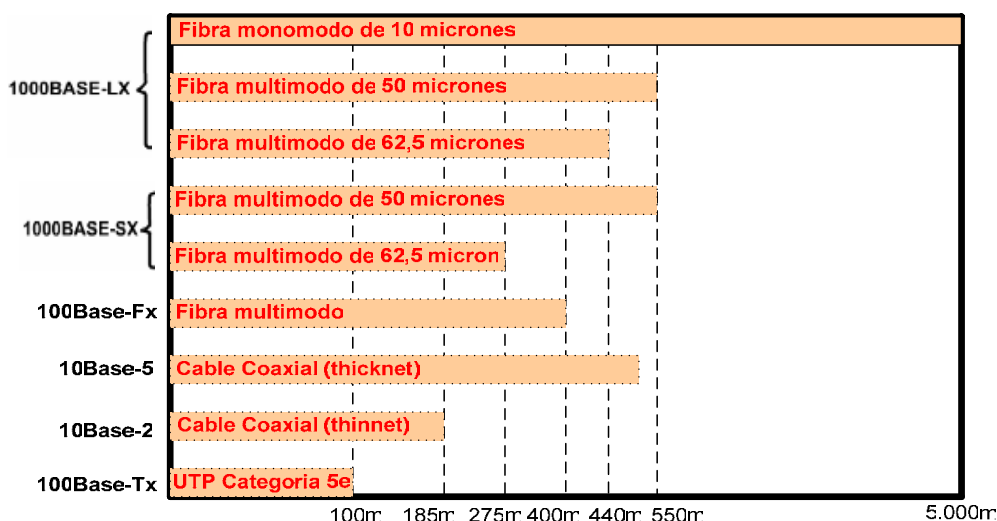


Figura N° 3: Cuadro de comparación de medios de Gigabit-Ethernet. [9]

4.4 Modbus

Es un protocolo de mensajes de la capa de aplicación del modelo OSI, que provee comunicación en el formato cliente/servidor entre equipos conectados en diferentes buses o redes.

Las transacciones del Protocolo Modbus son típicamente mensajes solicitud-respuesta. Las solicitudes y las respuestas contiene códigos que representan varias clases de servicios en los PLC's. El protocolo de aplicación Modbus puede ser transmitido sobre cualquier sistema de comunicación que soporte servicios de mensajes (ver Figura N° 4). Se ha implantado usando: [10]

- Transmisión asíncrona serial con una variedad de medios (Par de cobre: EIA/TIA-232-E, EIA-422, EIA/TIA-485-A; Fibra, Radio).
- TCP/IP sobre Ethernet.
- Modbus Plus: Red Token Passen de alta velocidad.

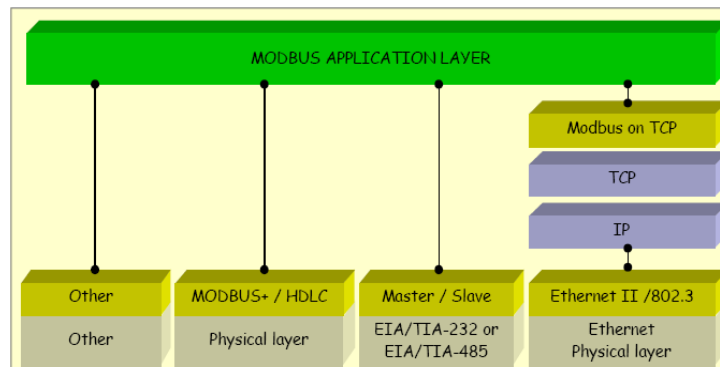


Figura N° 4: Niveles de comunicación de Modbus. [10]

4.4.1 Descripción de protocolo

El protocolo Modbus define una unidad simple del protocolo (PDU) independiente de sus capas inferiores. El mapeo de Modbus en la red o bus específico introduce campos adicionales en la Unidad de Datos de Aplicación (ADU). La Figura N° 5 muestra la trama general de Modbus. [10]

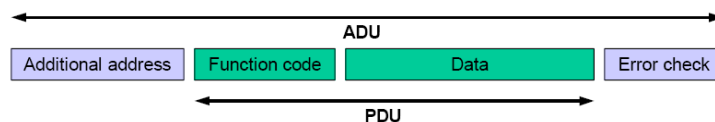


Figura N° 5: Trama general de Modbus. [10]

La unidad de datos de aplicación ADU de Modbus es construida por el cliente que inicia la transacción Modbus. La función le indica al servidor qué tipo de acción va a desarrollar. El protocolo establece el formato de la solicitud iniciada por el cliente. El campo de datos de Modbus es de máximo 256 bytes.

4.4.1 Modbus sobre conexión serial

El Protocolo serial Modbus es un protocolo Maestro/Esclavo sobre dos diferentes modos de transmisión; RTU, ASCII y se posiciona en la capa 2 del modelo OSI. Un sistema Maestro/Esclavo tiene un nodo “Maestro” que envía mensajes explícitos a nodos “Esclavos” y procesa respuestas. La comunicación siempre es iniciada por un maestro.

En la capa física, Modbus serial puede usar diferentes interfases (RS485, RS232), donde la más común es la interfase de dos hilos TIA/EIA-485. La interfase serial TIA/EIA-232-E (RS232) debe ser usada solamente para comunicaciones cortas punto a punto. Solo hay un máximo de 247 esclavos que pueden estar conectados al mismo bus.

La Figura N° 6 muestra la trama Modbus sobre una línea serial. [11]

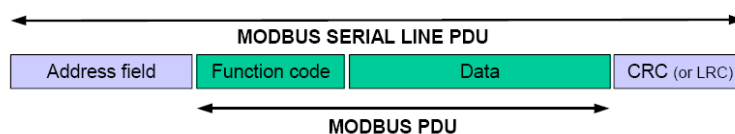


Figura N° 6: Trama Modbus sobre una línea Serial [11]

En una conexión serial ModBus, el campo de dirección solamente contiene la dirección del esclavo. Cuando el esclavo responde, este coloca su propia dirección en el campo de direcciones para permitirle saber al maestro cual esclavo está respondiendo. El modo de RTU incluye un campo de comprobación de error que es basado en el método de Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC) realizado sobre el contenido del mensaje. En el modo de ASCII, los mensajes incluyen un

campo de comprobación de error que es basado en el cálculo de comprobación de Redundancia Longitudinal (LRC) que se ejecuta sobre el contenido del mensaje. Es aplicado sin tener en cuenta cualquier método de comprobación de paridad usado para los caracteres individuales del mensaje.

4.4.2 Modbus sobre TCP/IP

MODBUS TCP/IP es una variante o extensión del protocolo Modbus que permite utilizarlo sobre la capa de transporte TCP/IP. MODBUS TCP/IP se ha convertido en un estándar industrial de facto debido a su simplicidad, bajo costo, necesidades mínimas en cuanto a componentes de hardware, y sobre todo a que se trata de un protocolo abierto. La combinación de una red física versátil y escalable como Ethernet con el estándar universal TCP/IP y una representación de datos independiente de fabricante como MODBUS, proporciona una red abierta y accesible para el intercambio de datos de proceso. [12]

La Figura N° 7 describe el encapsulado de una solicitud o respuesta de MODBUS cuando es transportada sobre una red Modbus TCP/IP usando un canal Ethernet.

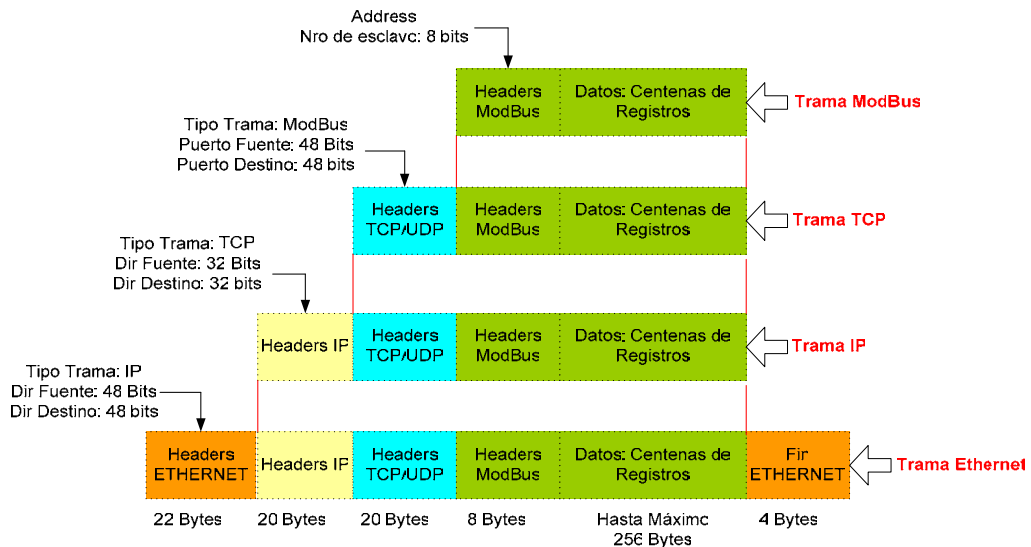


Figura N° 7: Tamaño de la trama Modbus TCP/IP sobre Ethernet.

En la ecuación (4) se presenta la Trama total de Modbus TCP/IP sobre un canal Ethernet.

$$\begin{aligned} \text{Trama} = & \text{CampoDatos MB} + \text{HeaderModbus} + \text{HeaderTCP} + \text{HeaderIP} \\ & + \text{HeaderEthernet} \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

$$\text{Trama} = \text{hasta 256 Bytes} + 8 \text{ Bytes} + 20 \text{ Bytes} + 20 \text{ Bytes} + 26 \text{ Bytes} = (74 - 330) \text{ Bytes}$$

4.4.3 Modbus Plus

- Definición lógica

Modbus Plus es un sistema de red de área local para aplicaciones de control industrial. Los dispositivos interconectados pueden intercambiar mensajes para la supervisión y control de procesos físicamente alejados dentro de la planta industrial.

Los nodos de la red son identificados por direcciones asignadas por el usuario. Cada dirección es independiente a su posición física y deben estar en un rango entre 1 y 64. Los nodos de la red funcionan como miembros de un anillo lógico. Obteniendo el acceso a la red en función de la recepción de un token. Cuando un nodo tiene un token, este inicia una transacción de mensajes con otros nodos. Cada mensaje posee campos de enrutamiento que define su origen y destino. Cuando pasa el token, un nodo puede escribir dentro de una base de datos global que es común a todos los nodos de la red. Los datos globales son transmitidos como un campo dentro del token. Los otros nodos pueden monitorear el paso del token y pueden extraer los datos globales. El uso de los datos globales permite la rápida actualización de alarmas, setpoints u otro tipo de datos. [13]

- Definición Física

El bus de la red consiste en un par trenzado apantallado que esta conectado a nodos sucesivos. Los dos hilos de datos no son sensitivos a polaridad, sin embargo se implementó un estándar, para facilitar el mantenimiento. La red consiste en una o más

secciones, donde una sección soporta hasta 32 nodos y una longitud máxima de 450 m. Las secciones pueden ser unidas por repetidoras para extender la longitud de la red y soportar hasta 64 nodos. La longitud mínima del cable entre dos nodos debe ser de 3 m. [13]

5. Estándares de Automatización de SIDOR

5.1 Niveles de automatización: [14]

Nivel 0: Interacción con elementos de campo: medidores, sensores, actuadores.

Nivel 1: Controladores lógicos programables. Control y automatización del proceso.

Nivel 2A: Estaciones Hombre-Maquina para la operación y supervisión del proceso.

Nivel 2B: Gestión a nivel de planta (Gestión operativa y de mantenimiento.)

Nivel 3: Gestión corporativa.

5.1.1 Red de Nivel 1

Criterios para red de automatización:

Ethernet: La red Ethernet de nivel 1 (Aplica también para Red de Nivel 2) se rige por las especificaciones siguientes: [14]

- 10BASE2 (Caso redes existentes antes de 1998).
- 10BASE5 (Caso redes existentes antes de 1998).
- 10BASE-T (Caso enlaces con redes existentes antes de 1998).
- 10BASE-F (Caso redes existentes).
- 100BASE-TX (Especificación estándar para nuevos proyectos).
- 100BASE-FX (Especificación estándar para nuevos proyectos)

La red Ethernet se establece como red primaria del nivel 1, específicamente, en la comunicación entre PLCs y entre PLCs con Panel PC (o similares) y equipos de nivel 2 (Adquisidores). El protocolo base para la red de nivel 1 es TCP/IP, Modbus/TCP. Las redes Ethernet se rigen por el esquema de cableado estructurado según especificación TIA 568.B. En niveles de redundancia se establece la red Ethernet

como única y la red de respaldo es Modbus Plus; pero en caso de no poder utilizarla como respaldo de las comunicaciones, se utilizará un segundo segmento Ethernet.

Modbus Plus: La red Modbus plus conjunta de nivel 1 y 2 se rige por las especificaciones siguientes: [14]

Para la red de enlace entre PLCs, PLC con Panel PC y PLC con adquisidores se establece como red secundaria o de respaldo de la red bajo topología Ethernet. El cableado de la red debe ser cable trunk de la longitud que sea requerida interconectado mediante continuadores y terminadores tipo DB9. La utilización de repetidores debe regirse por las limitaciones de la red Modbus Plus. Los niveles de redundancia de la red MB+ de enlace entre nivel 1 y 2 es el respaldo de la red con topología Ethernet y sus componentes (Tarjetas de interfaz, repetidores, Bridge y similares) con un único puerto de enlace sin redundancia a nivel de hardware (Doble puerto y doble cable de enlace).

5.1.2 Red Remota I/O

Criterios para red de automatización:

Para la red de enlace con drops se establece como único medio de comunicación entre el drop principal y drops remotos mediante conexión vía puerto de tarjeta CRA/CRP formando una red única. Si la aplicación lo requiere y si se tiene la posibilidad de rutas distintas entre los drops se pueden utilizar tarjetas con doble puerto. (140 CRA 932 00 y 140 CRP 932 00). El protocolo de red es S908, propietario de Schneider Automation. [14]

Drop cable: se prefiere cable coaxial RG6, pero puede usarse RG11 que tiene menos pérdida y es más inmune al ruido en aquellos casos que sea requerido. Máxima distancia de cable drop: 164 ft (50 m).

5.1.3 Red de Nivel 2

Las topologías de red consideradas en este nivel son: MB+, Ethernet/Fastethernet y opcionalmente Gigaethernet si la aplicación lo requiere. A continuación se describen

dichas topologías, las cuales se han especificado para la red de nivel 1, por ello, se hace referencia en cada caso a la sección 6.1.1 pero haciendo énfasis en lo relativo al nivel 2.

Criterios para la red de automatización:

Además de las especificaciones establecidas para la red de Nivel 1 en la sección 5.1.1 de este Capítulo, la red de Nivel 2 según la aplicación también incluye las especificaciones para redes gigaethernet siguientes:

- 1000BASE-LX, 1000BASE-SX y 1000BASE-T.

Para el caso de la red de nivel 2 (2A y 2B) se establece una única red de comunicación Ethernet/Fastethernet. El protocolo base para la red de nivel 2 es TCP/IP, FTL^{3TM}, protocolos para QNX-LAN. [14]

5.2 PLC's Modicon, Serie TSX Quantum

La serie de automatizaciones Quantum es un sistema de computación de propósito especial con capacidades de procesamiento digital; esta diseñado para el control en tiempo real en aplicaciones industriales y de manufacturas, en una arquitectura modular expansible. En la Figura N° 8 se muestra la serie TSX Quantum. [15]



Figura N° 8: Arquitectura Modular Quantum. [15]

³ Protocolo de red de alta velocidad para plataforma QNX

Descripción breve de los módulos de la Serie Quantum:

- La CPU es un sistema electrónico de operación digital, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de las instrucciones del usuario; opera como un bus master controlando entradas y salidas (E/S) locales, remotas y distribuidas del sistema Quantum.
- Los módulos de E/S son conversores de señales eléctricas que transforman las señales hacia y desde los dispositivos de campo, como pueden ser fines de carrera, detectores de proximidad, transmisores de nivel, presión, etc.
- Las Fuentes de Alimentación Quantum (CPS) son utilizadas para el suministro de potencia para todos los módulos. La tensión de entrada es normalmente de 110/220 VAC y 24 VDC de salida.
- Los módulos RIO (CRP, CRA) de Quantum utilizan una configuración de E/S de conexión en red basada en S908 (propietario de Schneider Automation). El controlador Quantum puede admitir hasta 31 estaciones RIO. Las características de los módulos CRP 932-00 son:
 - ❖ El medio físico es cable coaxial con conectores hembra tipo F.
 - ❖ Velocidad de transmisión de datos: 1,544 Mbps.
- Los módulos de opciones de red Modbus (NOM), sobre pares trenzados de canal simple y doble proveen capacidades de comunicaciones Modbus o Modbus Plus para la Serie Quantum. Las características Modbus Plus del modulo NOM 212-00 son:
 - ❖ Eléctricas: 2 puertos DB9 de MB+ (RS-485)
 - ❖ Distancia sin repetidor: 457 m
 - ❖ Velocidad: 1 Mbps
 - ❖ Medio físico: Trenzado de pares
 - ❖ Técnica de acceso: punto a punto, rotación token.
- Los módulos Ethernet TCP/IP (NOE). Los módulos Ethernet TCP/IP de Quantum permiten que un controlador Quantum se comunique con los dispositivos de una red Ethernet utilizando TCP/IP, el protocolo estándar común. El modulo NOE 771-00 tiene un puerto 10/100Base-T (conector RJ -

45) y otro 100Base Fx (conector MT-RJ) pero no funcionan al mismo tiempo.[16]

5.3 SCADA

SCADA viene de las siglas de "Supervisory Control And Data Acquisition", es decir: adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre computadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso desde una pantalla de visualización. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real. Los programas necesarios, y en su caso el hardware adicional que se necesite, se denomina en general sistema SCADA. [17]

Módulos de un SCADA

Los módulos o bloques software que permiten las actividades de adquisición, supervisión y control son los siguientes:

- Configuración: permite al usuario definir el entorno de trabajo de su SCADA, adaptándolo a la aplicación particular que se desea desarrollar.
- Interfaz gráfico del operador: El proceso se representa mediante sinópticos gráficos almacenados en el computador de proceso y generados desde el editor incorporado en el SCADA o importados desde otra aplicación durante la configuración del paquete.
- Módulo de proceso: ejecuta las acciones de mando preprogramadas a partir de los valores actuales de variables leídas.
- Gestión y archivo de datos: se encarga del almacenamiento y procesado ordenado de los datos, de forma que otra aplicación o dispositivo pueda tener acceso a ellos.

- Comunicaciones: se encarga de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el SCADA, y con el resto de elementos informáticos de gestión.

5.3.1 Ivision

El Ivision es un SCADA que trabaja bajo QNX. Ivision 3.2 trabaja bajo QNX 4.25 e Ivision 4.0 es desarrollado sobre QNX 6.3. Está estructurado de la siguiente manera⁴: [18]

- **Rtserver:** Esta encargado de crear la memoria compartida RTDATA, la cual contiene todas las variables de Ivision.
- **xxx_admin:** Es la Interfaz de intercambio de datos el cual se encarga de la comunicación entre la tarjeta de comunicación (red) o dispositivo de salida y el equipo de campo (PLC, etc).
- **IvScan:** Es una herramienta que se encarga de leer datos de los PLC's, lo hace a través de la interfaz de intercambio de datos y los guarda en una memoria compartida propia del scan.
- **Sampler:** Tiene la función de transformar los valores lógicos adquiridos por los distintos drivers del sistema, en datos adecuados a las necesidades del usuario y disponibles para los restantes módulos del sistema. Este proceso asocia el tag⁵ definido con la señal de campo correspondiente. Los datos empleados por este módulo son configurables en la tabla tag's, de esta manera coloca en bloques de tiempo real los valores correspondientes a los tag's de Ivision dejándolos disponibles para el resto de los componentes del sistema.
- **Send_I1 y Send_I1cmd:** Son programas que envían comandos al PLC directamente desde una consola, el Send_I1 se encarga de enviar los setpoints necesarios y el Send_I1cmd, se encarga de enviar los comandos boléanos a los registros tipo coil de los PLC's.

⁴ En la Figura N° 62 (Anexos-Ivision) se muestra el diagrama de bloques de la estructura del Ivision

⁵ "Tag" significa etiqueta.

- **IvTx y IvRx:** Existe una comunicación entre el servidor adquisidor y sus máquinas clientes (operaciones). El IvTx es un proceso que se encuentra en el servidor adquisidor y se encarga de enviar en forma broadcast el valor de los tags de Ivisión, los nombres de dichos tags, el valor de las alarmas y los nombres de las alarmas que se encuentran en la memoria compartida. El IvRx es un proceso que se encuentra en las máquinas de operaciones y se encarga de recibir la información que envía el IvTx a través de la red QNX, el IvRx crea localmente en la máquina una memoria compartida **RTDATA** cliente y una **ALARMS** cliente para guardar la información transmitida, de esta manera se puede acceder a los tag's y alarmas de forma local en la máquina.

Configuración para Islas (Nodos separados) para Ivision 4.0 sobre QNX 6.3

Este SCADA soporta, en forma nativa, la configuración de islas dentro de un proyecto. En la configuración de las islas, cada sector se maneja en forma independiente y con sus servidores y clientes. Los tags y alarmas son distribuidos dentro del propio sector por el mecanismo de broadcast y se utiliza el protocolo TCP/IP. El servidor transmite los cambios de valor de alarmas y tags a través del IvTx. El cliente regenera las memorias RTDATA y ALARMSDATA con la información recibida a través de IvRx.

Funcionamiento del archivo 'broadcast.xml' en Ivision 4 sobre QNX 6.3

El proceso IvTx tiene la posibilidad de leer un archivo denominado broadcast.xml en cuyo contenido puede especificarse cuáles son los tags que se van a transmitir. En función de esta máscara de nombres de tags configurada en el archivo, el proceso IvTx descarta los tags que no se desea que se transmitan.

Este archivo puede dar flexibilidad en dos aspectos o situaciones:

- Cuando se quiere que los clientes de la propia isla no reciban toda la información de tags (por ejemplo algunos datos internos de *tracking*, algunas variables internas de chequeo contra los PLCs, etc)

- Cuando se quiere que los clientes de otras islas o clientes globales vean solo algunos tags del sistema puesto que no deben operar y solo se utiliza como visualización de algunos datos. En ese caso de debe correr otro IvTx con distintos parámetros de la red y configurar otro archivo broadcast.xml distinto para transmisión a otras islas o a la red global.

5.4 Sistema Operativo de Tiempo Real (RTOS), QNX 4.25 y 6.3

Es un sistema operativo propietario para adquisición de datos en tiempo real basado en la arquitectura de *microkernels*. Su principal característica es la posibilidad de desarrollar multitareas simultáneamente. [19]

Está orientado al uso de:

- Threads (hilos)
- Librerías Dinámicas
- Resource Managers

6. Confiabilidad

La confiabilidad de un sistema o equipo se relaciona con la probabilidad de que dicho equipo o sistema, permanezca en funcionamiento por un número de horas (años) sin fallas. [20]-[21]

La confiabilidad; $R(t)$ esta dada por la ecuación (5), donde $P(X > t)$ es la probabilidad de que un evento (falla) ocurra luego de transcurrido un tiempo t .

$$\text{confiabilidad} = R(t) = P(X > t) = 1 - P(X \leq t) \dots\dots\dots (5)$$

6.1 Confiabilidad en sistemas

6.1.1 Sistemas serie

Dos componentes de un sistema se consideran conectados en serie, en términos de confiabilidad, cuando la falla de uno ocasiona la falla del sistema completo. La probabilidad de que el sistema falle antes de t años es la probabilidad conjunta de

que sólo el 1^{er} elemento falle antes de t , que sólo el 2^{do} elemento falle antes de t y que ambos elementos fallen antes de t : [20]-[21]

$$P(T \leq t) = P_1(T \leq t) * P_2(T > t) + P_1(T > t) * P_2(T \leq t) + P_1(T \leq t) * P_2(T \leq t) \dots (6)$$

Distribución exponencial negativa: Esta distribución describe bien las fallas de algunos equipos durante su vida útil. Se comportan de acuerdo con esta distribución los equipos electrónicos en general, y los sistemas complejos cuyos componentes están sometidos a una continua sustitución de partes. [22]. La distribución exponencial exhibe una propiedad que se conoce como ‘falta de memoria’ (equivalente a no envejecimiento), y es la única distribución que tiene esa propiedad. Considera que los elementos no se degradan por envejecimiento sino se dañan por fallas técnicas no ocasionadas por el tiempo de uso [21]

Si la probabilidad de falla de cada elemento puede ser descrita mediante una distribución exponencial:

$$P_K(t) = 1 - e^{-\lambda_K t} \dots\dots\dots (7)$$

Donde λ_K es la tasa de fallas (número de fallas en el periodo de observación). Entonces la probabilidad de falla para K elementos en serie es:

$$P(T \leq t) = 1 - e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_K)t} \dots\dots\dots (8)$$

La confiabilidad en serie se define como la productoria (\prod) de las confiabilidades de cada elemento del sistema en serie.

$$R_K(t) = P(T > t) = 1 - P(T \leq t) = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_K)t} = \prod_{i=1}^K R_i(t) \dots\dots\dots (9)$$

6.1.2 Sistemas en paralelo

Dos componentes de un sistema se consideran conectados en paralelo, en términos de confiabilidad, cuando la falla de uno no ocasiona la falla del sistema, el que, por el contrario continúa funcionando normalmente. Este esquema puede ser descrito como

redundante por construcción. La probabilidad de que el sistema falle antes de t años es la probabilidad conjunta de que el 1^{er} elemento falle antes de t y el 2^{do} elemento también falle antes de t . Para K elementos en paralelo es: [20]-[21]

$$P(T \leq t) = P_1(T \leq t) * P_2(T \leq t) * \dots * P_K(T \leq t) \dots \dots \dots (10)$$

Si la probabilidad de falla de cada elemento puede ser descrita también mediante una distribución exponencial dada por la ecuación (7):

$$\text{Entonces: } P(T \leq t) = (1 - e^{-\lambda_1 t}) * (1 - e^{-\lambda_2 t}) * \dots * (1 - e^{-\lambda_K t}) \dots \dots \dots (11)$$

La confiabilidad en paralelo entonces se define como sigue:

$$R_K = 1 - \prod_{i=1}^K [1 - R_i(t)] \dots \dots \dots (12)$$

6.1.3 Sistemas complejos

Cuando hay conexiones más complejas, serie, paralelo y redes combinadas estas conexiones serie-paralelas se reducen, por combinaciones apropiadas, a equivalentes series o paralelos, y aplicando las ecuaciones pertinentes se resuelve la confiabilidad del sistema completo. En el caso de sistemas más complejos hay que usar técnicas más elaboradas, como la de probabilidad condicionada y la de conjuntos de cortes mínimos. Estas se ilustrarán en base a la red tipo puente de la figura N° 9. [23]

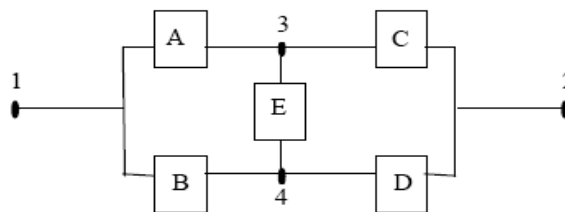


Figura N° 9: Red tipo puente fuente. [23]

Un **conjunto de corte mínimo** es el conjunto más pequeño de componentes que al fallar conjuntamente causan la falla del sistema. En la figura N° 9 los conjuntos de corte mínimo son AB, CD, AED y BEC, que son denotados por C1, C2, C3, C4

respectivamente. La falta de confiabilidad del sistema es dada por la ecuación (13), donde // indica paralelo (intersección de conjuntos).

$$P_f = P(C1 // C2 // C3 // C4) \dots\dots\dots (13)$$

Ésta puede ser calculada usando repetidamente la relación, la cual es la probabilidad de la intersección de dos conjuntos: $P(M // N) = P(M) + P(N) - P(M \cup N)$; partiendo con $M = C1$ y $N = C2 // C3 // C4$, y así sucesivamente. [23]

En la práctica, se usa una aproximación:

$$P_{f_s} \cong P(C1) + P(C2) + P(C3) + P(C4) \dots\dots\dots (14)$$

Donde $P(C1) = P_A * P_B$, y así sucesivamente para los otros términos. Esto nos da la probabilidad de falla aproximada de todo un sistema complejo. $P(C1)$ = Probabilidad de falla o pérdida del enlace.

6.2 Confiabilidad operacional

Es la capacidad de un sistema representado por sus procesos tecnología y gente para cumplir con sus funciones o el propósito que se espera de este, dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto de operacional específico. [24]

6.2.1 Teoría de la Criticidad basada en la confiabilidad operacional

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Como se realiza un análisis de criticidad:

- Se definen los criterios o parámetros de importancia a seguir acorde al alcance y propósito del análisis.
- Se elabora una Guía de Criticidad, la cual debe contener los criterios o parámetros de importancia del equipo o sistema a jerarquizar. Se debe ponderar cada parámetro siguiendo modelos semi-cuantitativos.

Algunos de los criterios comúnmente usados son: Seguridad, Ambiente, Producción, Costos (operación y mantenimiento), Frecuencias de fallas y Tiempo promedio para reparar.

Modelos Semi-cuantitativos: Consiste en métodos basados en opiniones de especialistas, cuantificando valores numéricos relativos, que permiten medir el impacto global basado en criterios técnicos y financieros para jerarquizar activos. Estos métodos contienen un bajo nivel de subjetividad, son efectivos para jerarquizar procesos sin importar el nivel de complejidad y se basan para su validación en estimar la desviación estándar. [24]

Se utiliza la expresión matemática (según valores de la Guía de Criticidad):

$$\mathbf{Criticidad} = \text{Frecuencia de Falla} * \text{Consecuencia} \dots \dots \dots (15)$$

Donde: **Consecuencia** = $[(\text{Impacto en producción} * \text{Tiempo promedio para reparar}) + \text{Costo de reparación} + \text{Impacto en seguridad} + \text{Impacto ambiental}] \dots \dots \dots (16)$

Frecuencias de fallas (FF): Es la ponderación otorgada al número de fallas ocurridas en un equipo o sistema en un lapso de tiempo determinado.

Estimación de Consecuencias: [25]

- **Pérdidas de producción:** Constituyen las pérdidas por impacto en la producción al ocurrir la falla y esta comprendido por:
 - ❖ Impacto en producción (IP): Se cuantifica económicamente
 - ❖ Tiempo de reparación: Es el valor promedio del tiempo de reparación (TPPR)
- **Costos de reparación (CR):** La distribución de los costos de reparación debe incluir el espectro de todos los posibles costos, los cuales varían dependiendo

de la severidad de la falla. Durante los ciclos de vida (tiempo entre overhauls), estos costos tienden hacia una distribución normal.

- **Impacto Ambiental (IA) e Impacto en Seguridad (IS):** Las distribuciones de estos impactos, en la mayoría de los casos, son difíciles de modelar, pues no es fácil encontrar datos y fundamentalmente requieren ser elaboradas en base a la opinión de expertos.

La figura N° 10 muestra el modelo de distribución de consecuencias de una falla

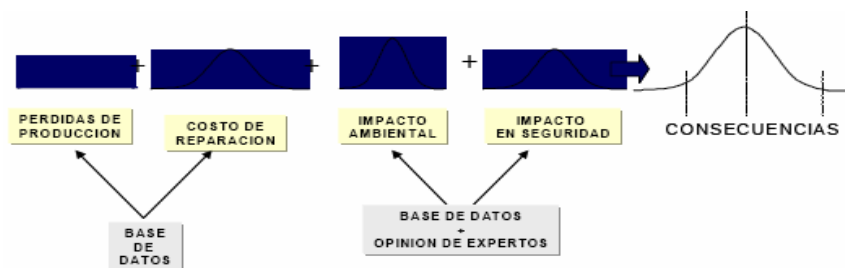


Figura N° 10: Modelo de consecuencias de una falla [25]

La Criticidad como modelo semi-cuantitativo que sigue una distribución normal, debe tener valores de máxima y mediana consecuencia dentro del rango del 80%⁶ del área bajo la curva. Esto es una desviación estándar de 1,285. Este criterio ajusta el rango de consecuencias por frecuencia de falla desde medianas a máximas, para que esté dentro del 80% del total de las mismas. Esto es criterio para validar la ponderación otorgada a la Guía de Criticidad, necesaria para obtener dicho análisis. [26]

⁶ Criterio para el análisis de criticidad en el mantenimiento del consorcio Technin.

CAPITULO IV

DISEÑO

1. Cálculo de ancho de banda y flujo de datos en nivel 1 y 2.

Para poder dimensionar un medio de transmisión en lo referente a ancho de banda es necesario conocer la cantidad de información por unidad de tiempo que será enviada a través del mismo; esto se conoce como flujo de datos. El estándar de red de los sistemas de automatización de la plantas de Fluidos Industriales contempla la arquitectura que se muestra en la Figura N° 11.

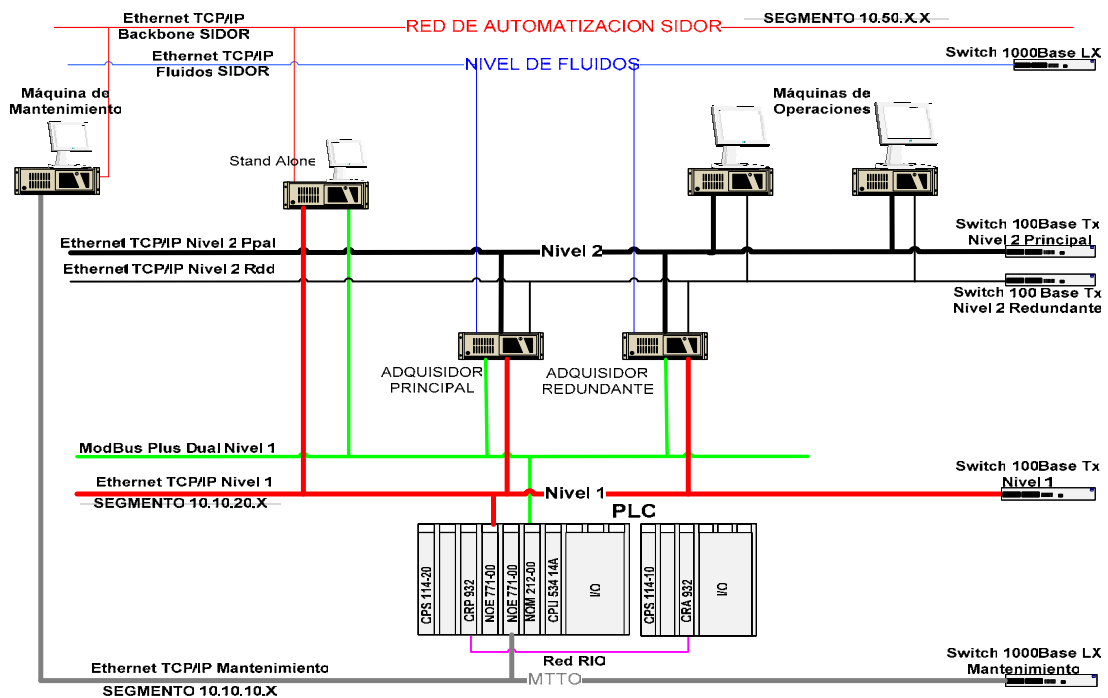


Figura N° 11: Diagrama lógico de red de automatización

La comunicación de Nivel 1 está dada por el intercambio entre PLC y adquirente, y el Nivel 2 (nivel de publicación) está dado por el intercambio entre adquirente y máquinas de operaciones.

1.1 Flujo de información en Nivel 1 (intercambio de datos entre PLC y adquisidor)

Se conoce que el adquisidor a través de la herramienta IvScan⁷, hace petición cíclica de los registros del PLC, que se encuentran copiados en la memoria del PLC, y los lleva a la memoria interna del adquisidor (memoria compartida Scan_AREA_PLC). Esta forma de petición cíclica del adquisidor al PLC, hace que exista una tasa fija de información con el periodo de petición del adquisidor. Estos registros que provienen del PLC son pedidos por el proceso IvScan por centenas (Ej. petición desde de la dirección; 409100 - 409200).

Para el cálculo de flujo de datos se tomó solo en cuenta las llamadas variables rápidas (hay lectura y escritura continua por parte de la herramienta IvScan), alarmas y lastrip (etiqueta de falla con indicador de tiempo justo en el momento de la falla), las cuales corresponden con las variables que son actualizadas en los sistemas de Nivel 2 en la publicación hacia las pantallas de operación. Las variables lentas (se leen o escriben solo cuando el operador lo requiere, se utilizan para configurar bloques y/o herramientas en el PLC) y la escritura de comandos (emitidos por el operador desde el Scada para controlar el proceso de un PLC); ocupan esporádicamente el canal por lo tanto no son tomadas en cuenta para este cálculo.

Tiempo de Scan del PLC: Es el tiempo cíclico en el cual el PLC realiza todas las instrucciones, y luego de culminado ese ciclo de trabajo, revisa las peticiones de envío de centenas que hace el adquisidor, y a través de la tarjeta de comunicación las envía. Estos tiempos se ven directamente en las opciones de configuración de cada uno de los PLCs a través del Concept 2.5 (software de programación del TSX Quantum).

En la Tabla N° 1 se presentan los tiempos de Scan de los PLCs de Fluidos Industriales.

⁷ Las herramientas del SCADA Ivision están dadas en el Capítulo III, sección 5.3.1.

Tabla N° 1: Tiempos de scan de PLCs de Fluidos

Plantas	Tiempos de Scan
PSA4= PLC 1	67,4ms/scan
PSA4= PLC 2	65,7ms/scan
PSA4= PLC 3	30,9ms/scan
PSA3= PLC 13	30,4ms/scan
PSA3= PLC 14	31,1ms/scan
PSA3= PLC 15	18,7ms/scan
PR3= PLC 1	50ms/scan*
PR3= PLC 2	50ms/scan*
PR3= PLC 3	50ms/scan*
GNA= PLC 19	22,1ms/scan
PR2= PLC	172,5ms/scan
VAPOR= PLC	161,4ms/scan
DEMI= PLC	6,4ms/scan
GRAVER= PLC	50ms/scan*

*Como los PLCs de Graver y PR3 son Modicon Compact 984⁸, y el diseño debe ser con una red de automatización estándar y moderna (Usando PLCs Modicon TSX Quantum), por ello y resumiendo condiciones normales de operación se colocan los tiempos de Scan de estos PLC en 50 ms.

1.1.1 Ancho de Banda del canal Ethernet de Nivel 1

La comunicación de Nivel 1 con Nivel 2 (PLC-Adquisidor y viceversa) por el canal Ethernet, se hace por medio del protocolo ModBus TCP/IP. Se hizo el cálculo para una trama Ethernet tomando Modbus como capa de aplicación, TCP como capa de transporte e IP como capa de enrutamiento.

La velocidad del canal es de 100 Mbps y el campo de datos de Modbus es 100 registros donde cada registro ocupa 16 bits en memoria; entonces el campo de datos total en bytes está dado como sigue:

$$DatosporCentena = 100reg * 16 \frac{bits}{reg} = 1600bits = 200bytes$$

Usando la ecuación (4) de la sección 4.4.2, Capítulo III; se calcula el número de bits en cada paquete Ethernet desde el PLC hacia el adquisidor.

⁸ PLCs serie Compact 984 fabricado por Modicon.

$$Trama = CamodeDatosMB + HeaderModbus + HeaderTCP + HeaderIP + HeaderEthernet$$

$$Trama = 200bytes + 8bytes + 20bytes + 20byte + 26bytes = 274bytes = 274byte * 8 \frac{bits}{byte} = 2192bits$$

La capacidad de paquetes en el canal, es el número de paquetes (que a su vez representa directamente el número de centenas), que podrían pasar por el canal en 1 s. Es decir cada paquete ocupa de ese segundo un tiempo de paquete o tiempo de ocupación del canal por cada paquete. Entonces una centena ocupa solo $\frac{2192 \text{ bits}}{100 \text{ Mbits} / s} = 0.02192 \text{ ms}$ del canal Ethernet. En la tabla N° 2 se muestran estas capacidades del canal Ethernet considerando el envío de una centena de registros desde el PLC hacia el adquirente de datos.

Tabla N° 2: Capacidad de paquetes en el canal Ethernet.

Capacidad del canal por cada centena de registros	Tiempo que ocupa el paquete el canal	N° de paquetes/ t scan Para el PLC de Demi
$\frac{CapacidadCanal}{N^{ro} \text{ datosTotal}} = 45620 \text{ Pqtes} / s$	$\frac{N^{ro} \text{ datosTotal}}{CapacidadCanal} = 21,92 \mu s$	$\left\langle \frac{tscanPLC1}{tpaquete} \right\rangle = 291 \text{ Pqtes} / 6,4 \text{ ms}$ <small>entero</small>
45pqtes/ms	1 pqte cada 0,02192 ms	Se esta enviando 1 paquete y caben 291 por cada ciclo de Scan

Se puede observar en la tabla N° 2 que los canales de comunicación del nivel 1 (tramo entre el PLC y el Adquisidor) están sobredimensionados. En donde se están enviando un paquete Ethernet cada 6,4 ms (para el caso del PLC de la planta Demineralizadora, Demi) se pudiera enviar 291 paquetes Ethernet cada uno conteniendo 100 registros de datos.

Aún tomando en cuenta la posibilidad de colisiones, considerando que existe intercambio de datos entre los PLC (esto si hay mas de un PLC conectado al mismo sistema de adquisición) e incluyendo las variables lentas y escritura de comandos los cuales ocupan ciertamente el canal pero lo hacen esporádicamente; se demuestra lo sobredimensionado que está el canal de Ethernet en el nivel de intercambio PLC-Adquisidor (Nivel 1).

1.2 Flujo de Información en Nivel 2

La herramienta de Ivision; el Sampler, toma las variables que el Scan escribe en memoria compartida y transforma solo las que varíen su valor; esto es si la actualización es sin escalamiento. El Sampler es el proceso que lee de la memoria compartida del scan las actualizaciones y escribe a la RTDATA (por medio del RtServer). El Sampler es activado cada vez que se recibe un datagrama de cualquier grupo.

Luego la publicación es por parte del IvTx. El proceso IvTx es el encargado de distribuir las variables de tiempo real del sistema (tags y alarmas). El paquete de información a ser transmitido tendrá como máximo 1450 bytes de información; esto porque si le sumamos el overhead de los protocolos TCP e IP (aprox. 40 bytes) el paquete Ethernet queda < 1500 bytes que es el MTU típico de las redes ethernet. Sin embargo dicho paquete se envía por broadcast UDP⁹/IP a la red.

1.2.1 Ancho de Banda del canal Ethernet de Nivel 2, nivel de publicación

La velocidad del canal ethernet de Nivel 2 es igual al del nivel 1; 100 Mps. Pero el intercambio de información en este nivel contempla el MTU típico de las redes ethernet (1.500 bytes); esto cada vez que el proceso IvTx distribuya las variables del sistema (tags y alarmas). Se conoce que la herramienta IvTx tiene un “delay” de 200 ms entre paquete y paquete, por lo que con un canal cuya velocidad es de 2,5 Mbytes/200 ms, se está sobredimensionado para la transmisión de datos.

Sin embargo se hizo el cálculo del número total de bits que publica el adquisidor hacia el Nivel 2, sin importar con que frecuencia lo hace. Como se explicó, los registros que se envíen desde el PLC al adquisidor son transformados por el sampler el cual asocia los valores de campo con sus tags correspondientes. Por ello, se cuentan esos registros que ocupan los tags y alarmas en la memoria del PLC.

⁹ UDP tiene un formato de segmentos de 8bytes

El Scada Ivision posee un generador de base de datos llamado DB_IVISION, el cual proporciona por cada PLC, la base de datos de Nivel 1 (Tags/tipo de datos/dirección en memoria PLC) y que a partir de los bloques de configuración en el PLC, da la información del número de registros que son ocupados por los tags y alarmas que se desean publicar hacia el adquisidor. Se tienen bases de datos solo de los PLCs de las correspondientes plantas: PSA4, PSA3, GNA, PR3, PR2, Vapor, Demi, Graver, Marley y Permutit. Se tomarán todos los registros ocupados por los tags y alarmas; esto es presumiendo escalamiento (mapeo de todos los tags en la RTDATA). En la Tabla N° 3 se muestra este número de registros ocupados en memoria de los PLCs.

Tabla N° 3: Número de registros ocupados en área de memoria en los PLCs

Plantas	Total de Registros
PSA4 (3 PLCs)	3234
PSA3 (3 PLCs)	2377
PR3 (3 PLCs)	957
GNA	552
PR2	476
Vapor	1430
Demi	206
Graver	170
Permutit	41
Marley	92

Conociendo que cada registro ocupa 16 bits en la memoria, en la Tabla N° 4 se presenta el número total de bits por planta que implica el flujo de datos de estas plantas hacia la red de nivel 2.

Tabla N° 4: Número total de Bits de nivel 2

Plantas	Total de bits publicados a Nivel 2
PSA4	51.744
PSA3	38.032
Vapor	22.880
PR3	15.312
GNA	8.832
PR2	7.616
Demi	3.296
Graver	2720
Marley	1472
Permutit	656

En la Tabla N° 5 se tiene la información del número de bits de las siguientes plantas: Bombeo Caroní, Bombeo Orinoco, Reservorio 1 y 2, Manantial, PTNA y Octágono. Esta data se obtuvo de una tesis desarrollada en la empresa por la Ing. Olga antillano. [27]

Tabla N° 5: Número total de bits (Olga antillano, 2005)

Plantas	Señales analógicas	Señales discretas	Número total de Bits (Analogicas*32Bits + Discretas* 1Bit)
Bombeo Caroní.	36	47	1.199
Octágono	34	60	1.148
PTAN	14	48	496
Bombeo Orinoco	12	68	452
Manantial	13	28	444
Reservorio 2	10	24	344
Reservorio 1	5	8	168

Nota: Se toma el N° de señales analógicas por 32 bits, porque se considera el tipo de variable Real, es decir se asignan 2 registros en memoria. Las discretas son variables tipo Bool y cada una ocupa 1 bit en la memoria del PLC.

2. Diseño de interconexión de datos en las plantas de Fluidos Industriales

Para definir las distintas alternativas de interconexión de datos entre las plantas de Fluidos, se debe considerar información variada como; la importancia de las mismas en el proceso productivo de SIDOR, ubicación de las plantas respecto al centro de control, el nivel de automatismo de cada una, el número aproximado de datos que se requieran enviar desde cada nodo o isla de la red, y los costos que implica incluir cada una de las plantas a la red a diseñar.

Diseño lógico de la Red: El SISI esta ubicado en el Centro de Control de SIDOR, por ello es allí donde estará el personal de operaciones que administrará todo el sistema de Fluidos Industriales. Para lograr esta premisa, tanto las plantas de agua como las plantas de gases deben reportarle a este punto. Lógicamente la red debe estar organizada con una topología física en estrella extendida, donde todos los nodos intercambian datos con sub-nodos que a su vez lo hacen con el nodo central. Para el caso de la necesidad de un sistema más robusto se consideran vías redundantes a la

conexión principal. Mas adelante (sección 2.1 y 2.2 del presente capítulo) se detallará para qué plantas de Fluidos se incluirá una opción redundante y cuales son estos medios de transmisión.

A continuación, en la Figura N° 12 se presenta la interconexión lógica de la Red incluyendo como medios de transmisión tres opciones: enlace inalámbrico, interconectar por fibra, y por la red telefónica usando modems de alta velocidad. En casi todas las plantas se define un enlace principal y otro redundante.

Conexión Lógica por medios de Tx de toda la Red de Fluidos Industriales:

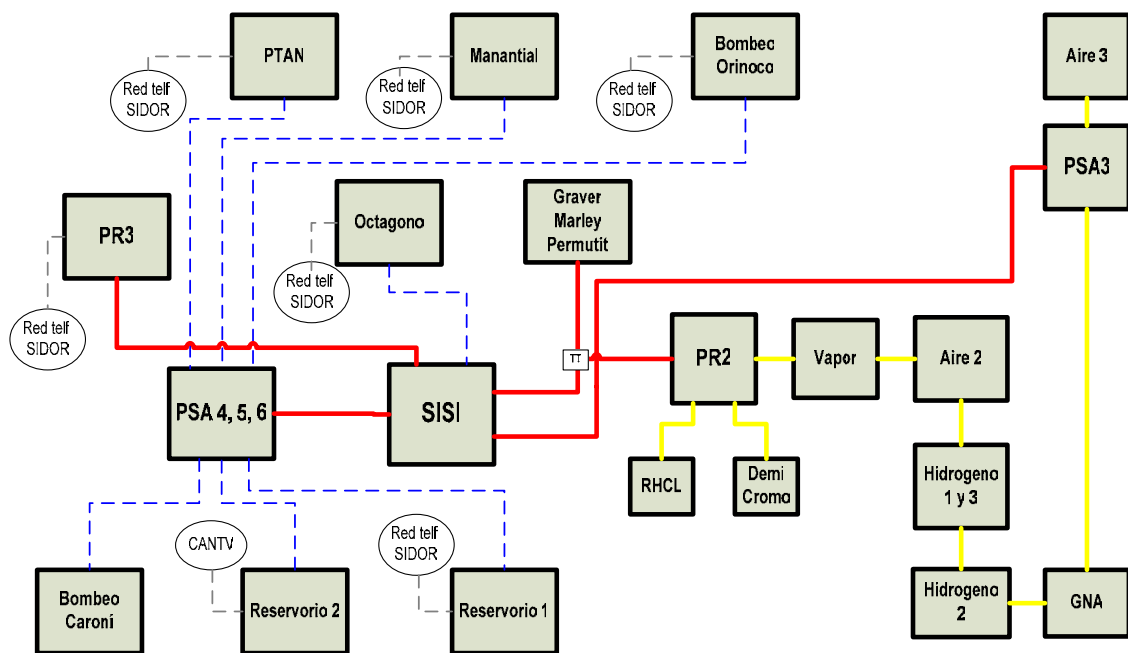


Figura N° 12: Interconexión lógica por medios de Tx de la Red de Fluidos

Legenda:

- = Fibra Óptica monomodo 4-12 hilos.
- = Fibra Óptica Multimodo 8-12 hilos.
- - - - = Conexión Inalámbrica.
- - - - = Par telefónico.

A continuación se presentan todas las plantas de Fluidos (sección 2.1 y 2.2, Capítulo IV) con su situación actual, el diagrama lógico de la red de automatización y la propuesta de medio de transmisión basándose en la ruta dada por la interconexión lógica de las plantas de Fluidos de la Figura N° 12. Se determinó para cada una de las plantas los cambios necesarios en sus niveles de automatización (estructura lógica y equipos de red), necesarios para su inclusión en la Red de Fluidos. Estos cambios están dados por los diagramas lógicos de automatización de todas las plantas de Fluidos.

En el caso de los nodos o plantas donde existe todo un sistema de automatización y control definido, únicamente se muestra el diseño de la estructura de red interna de automatización, y los cambios para su interconexión. En el caso donde el nodo o planta no esta automatizada se define el diseño de una posible red de automatización interna tomando en cuenta características propias y sustentadas en cada nodo o planta. Esto contempla PLCs, niveles de red (existencia de Nivel 1, 2, y Mantenimiento), equipos activos de red (switches y computadores) y medios de interconexión internos (cable UTP, coaxial, Trunk...).

2.1 Aguas:

2.1.1 Bombeo Orinoco

Situación Actual: Actualmente no hay PLC en esta estación de bombeo, por lo que todo el proceso funciona de manera manual. En esta planta no hay personal de operaciones, los operadores realizan una ronda por turno para inspeccionar el área y ejecutar alguna acción necesaria.

Propuesta de Medio de Transmisión para interconexión:

- El medio de transmisión principal es un enlace inalámbrico¹⁰. Este sería desde la estación de Bombeo Orinoco hasta la Columna de Destilación de PL4 ubicada en

¹⁰ Se descartan la conexión por fibra por la distancia (hasta Graver 2,1 Km).

PSA5-6 (esta columna tiene una altura aproximada de 60 m). La distancia hasta PSA5, 6 en línea recta es de unos 3.3 km; se conoce que en Bombeo Orinoco hay un galpón (casa de máquinas) de unos 12 m de altura. Con las antenas ubicadas en lo más alto de este galpón y en el tope de la columna de destilación, se tiene garantizada la línea de vista con despeje superior al de la primera zona de fresnel. Los perfiles inalámbricos están dados en los Anexos-Perfiles; y los equipos inalámbricos con los cálculos de balances de potencia de señal se presentan en la sección 4.2, Capítulo IV; Sistemas Inalámbricos.

- Como opción redundante se toma la conexión serial por Par Telefónico usando un modem y conectando con la red telefónica de SIDOR. Las líneas se alimentan desde las Cajas de Distribución Terminal CDT que a su vez lo hacen de las CDS (Cajas de distribución secundaria). Actualmente hay conexión telefónica hasta este nodo con pares disponibles. El diagrama unifilar de comunicación telefónica de las plantas que propongan esta solución como medio de transmisión, está dado en la sección 4.3, Capítulo IV; Modem y Par Telefónico.

El PLC o la unidad RTU, debe instalarse como parte del proyecto de interconexión de las plantas de gases y aguas, lo que permitirá realizar supervisión y control remoto de la estación de bombeo. La conexión de esta planta es por Red de Nivel 1 para que la adquisición de datos sea en PSA4. La posible red lógica interna de esta planta y los equipos de red (switch) que se requieran se muestran en la Figura N° 13.

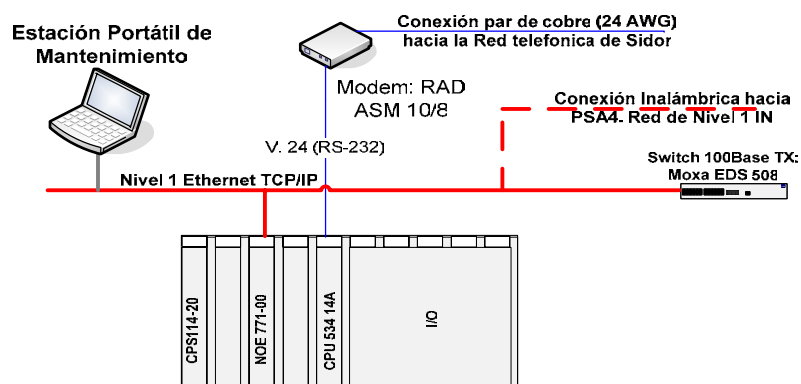


Figura N° 13: Diagrama de la red de automatización de Bombeo Orinoco

2.1.2 Estación de Bombeo Manantial

Situación actual: Actualmente todo el proceso funciona de manera manual. La operación local en automático no es prioritaria, en este punto no reside personal de operaciones, los operadores realizan rondas para realizar la inspección del área y realizar alguna acción.

Propuesta de Medio de Transmisión:

- Se propone como medio de transmisión principal realizar un enlace inalámbrico¹¹ hasta la columna de destilación ubicada en PSA5-6. El detalle con Manantial es la baja altura de cualquier estructura allí edificada, unido a la cota de nivel en la que se sitúa la planta (al borde de un talud de unos 7 m de altura). Por ello se debe ir hasta la cota inmediata superior vía cableada (cable UTP) y allí instalar la antena para poder tener línea de vista con la columna de destilación. La antena se debe ubicar en un poste de unos 6m de altura sobre el talud antes mencionado. La distancia por enlace inalámbrico hasta la columna es de unos 2.47 km. Los perfiles del enlace se dan en los Anexos-Perfiles y los equipos inalámbricos con los cálculos de potencia de señal se presentan en la sección 4.2; Sistemas Inalámbricos.
- La solución redundante es usando par telefónico y un modem hacia la Red Telefónica de SIDOR. El detalle es que actualmente no hay línea telefónica hasta este punto por lo que hay que instalarla desde la CDS mas cercana que está ubicada en Midrex I, por lo que se debe hacer un tendido de pares telefónicos hasta el sitio. La distancia es de unos 300 m hasta un antiguo laboratorio de Midrex I.

Este sistema debe ser operado remotamente. El PLC debe instalarse como parte del proyecto de interconexión de las plantas de Fluidos. La conexión de esta planta es por Red de Nivel 1 para que la adquisición de datos sea en la PSA4. El diagrama lógico

¹¹ Se descarta la conexión por fibra; la distancia hasta Graver es de 1420 m

de la Figura N° 14 muestra el diseño de automatización propuesto para esta planta y los equipos de red necesarios:

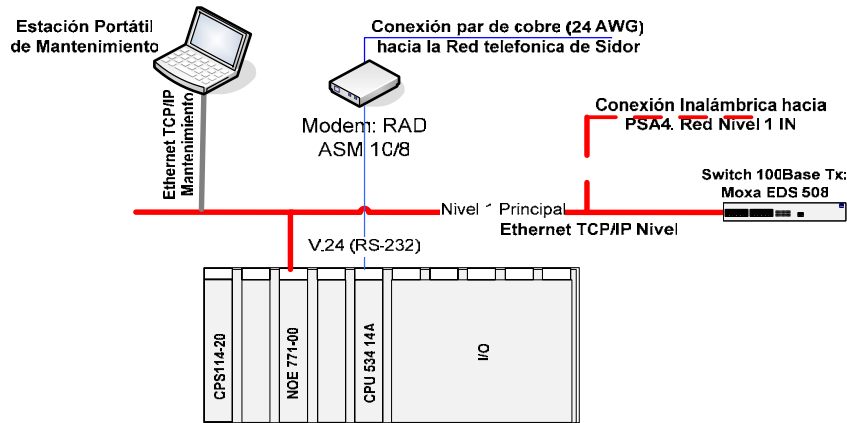


Figura N° 14: Diagrama de la red de automatización de Manantial

2.1.3 Planta de Tratamiento de Aguas Negras (PTAN)

Situación actual: La planta no está automatizada, y el control se realiza por lógica cableada.

Propuesta de Medio de Transmisión:

- Como solución primaria está un enlace inalámbrico¹². La distancia por enlace inalámbrico hasta PSA5, 6 es de unos 2.2 km. Al igual que con estación Manantial, se debe considerar que esta planta se encuentra en la parte baja de un talud lo que imposibilita la línea de vista entre la Columna de Destilación de PL4 y esta planta. Para poder elevar la altura de estas antenas es necesario subir a la cota mas alta del talud (cota +48) y aprovechando un poste allí ubicado de unos 4 m, se coloca la antena permitiendo la comunicación. Para ir desde esta antena hasta la sala eléctrica de PTAN hay una distancia aproximada de 110 m. para esta conexión se puede colocar un cable UTP CAT 5e usando un repetidor de señal o se colocaría fibra multimodo en un tramo de unos 30 m y con un convertor de

¹² Se descartan la conexión por fibra. La distancia hasta Manantial es de 1120m colocando postes para soportar el tendido de fibra.

medio (Fibra-UTP) se llegaría por UTP hasta la antena cuyo puerto de comunicación es Ethernet con conector RJ-45.

- La solución planteada como medio de transmisión redundante es por la red telefónica de SIDOR usando un modem para la transmisión serial. Si bien actualmente no existe la disponibilidad de pares muertos allí, con un adecuado trabajo de acondicionamiento se podría lograr la instalación de un par de cobre calibre 24 AWG desde el ADS-1-11-8¹³ que allí en PTAN se ubica.

La instalación de un PLC para su control es necesaria para la implementación del sistema de control remoto desde el SISI. La conexión de esta planta es por Red de Nivel 1 para que la adquisición de datos sea en la PSA4. La posible red lógica interna de esta planta se muestra en la Figura N° 15.

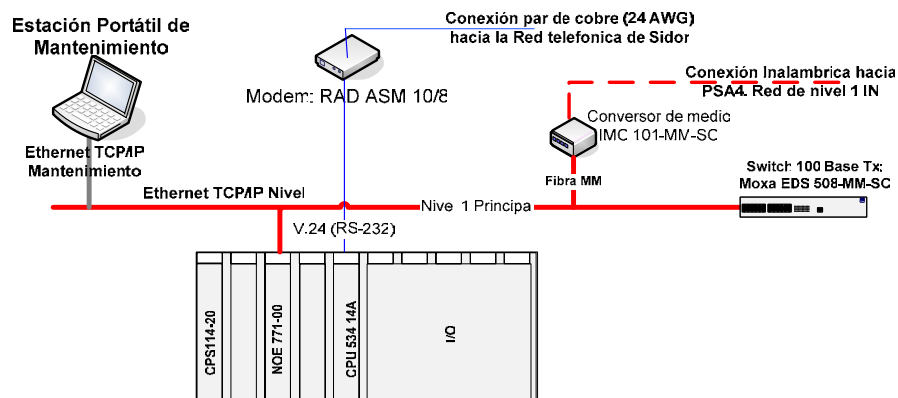


Figura N° 15: Diagrama de la red de automatización de PTAN

2.1.4 Bombeo Caroní

Situación actual: El sistema de control original ha sido quitado. Es otra de las plantas que debe ser operada en su totalidad de manera remota. Este tipo de plantas presentan muy pocas variaciones durante su operación. Son sistemas de bombeo que operan de manera continua, de allí que no requiere personal de operaciones permanentes en el área. Se conoce que no hay línea telefónica hasta el sitio.

¹³ Ver Diagrama Unifilar de Comunicaciones de Fluidos; Capitulo IV, sección 4.3

Medio de Transmisión: Bombeo Caroní se encuentra a unos 6,96 km en dirección sureste de SIDOR. Por el hecho de la gran distancia del enlace y de que se encuentra fuera de los límites de SIDOR, se descartan las soluciones cableadas. De allí que para este caso se decidió realizar una implementación con sistemas inalámbricos. Este enlace será desde la estación de bombeo hasta la columna de destilación de PL4 ubicada en PSA5-6 (torre de 60 m de altura). Se conoce que en la estación de Bombeo Caroní existe una columna de unos 70 m de altura (Chimenea de compensación), en la cual se colocaría la antena transmisora en el tope de la chimenea.

Los perfiles del enlace indican que existe una buena línea de vista entre esta chimenea y la columna de PL4 ubicada en PSA5, 6, estos perfiles se dan en los Anexos-Perfiles. Los equipos inalámbricos y cálculos de potencia de señal se presentan en la sección 4.2, Capítulo IV; Sistemas Inalámbricos. Se debe considerar que la separación entre el PLC y la antena ubicada en el tope de la chimenea es de aproximadamente 90 m por lo que se está al límite de la distancia recomendada por el estándar TIA/EIA 568-B.2 para cable UTP CAT 5.

Para la implementación del sistema se requiere de la instalación de un PLC que controle este sistema y permita la supervisión y operación remota de esta estación de bombeo. Este se podría ubicar en la sala eléctrica de alta tensión. La conexión de esta planta es por Red de Nivel 1 para que la adquisición de datos sea en la PSA4. En este caso se pretende colocar también un enlace Inalámbrico redundante idéntico por Red de Nivel 1; esto para dar mayor confiabilidad al enlace, debido a lo lejana que está la estación de bombeo de SIDOR. Como su operación debería ser completamente remota se requiere de un sistema más robusto por razones de corrección de fallas teniendo esta un TTPR (tiempo promedio para reparar) más elevado. La posible red lógica interna de esta planta y los equipos de red se muestra en la Figura N° 16:

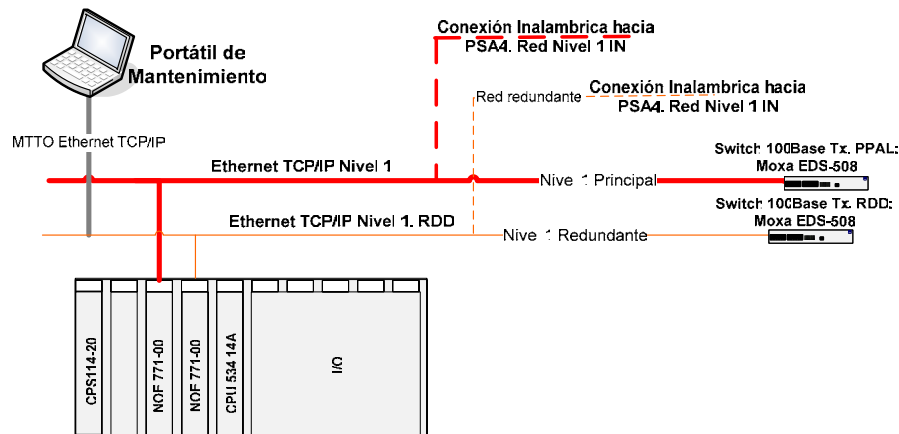


Figura N° 16: Diagrama de la red de automatización de Bombeo Caroní

2.1.5 Reservorio N° 1

Situación actual: Está ubicado en las cercanías del portón III de SIDOR. Esta planta no cuenta con ningún elemento para la recolección de datos allí.

Propuesta de Medio de Transmisión:

- El Enlace Inalámbrico es una solución viable como medio de transmisión principal. Se puede enlazar desde esta estación o nodo hasta la columna de destilación de la PSA5, 6. La línea de vista esta garantizada. La distancia para enlace inalámbrico hasta PSA5, 6 es de unos 2.72 km. Los perfiles se dan en los Anexos-Perfiles. Los equipos inalámbricos con los cálculos de potencia de señal se presentan en la sección 4.2, Capítulo IV; Sistemas Inalámbricos.
- Como solución redundante está el envío de data vía Par Telefónico usando un modem. Esto resulta adecuado por la poca cantidad de señales que se transmitirían desde esta planta, y el bajo costo que representa una solución de este tipo. Usando un modem de datos, se podría llevar la información por el par telefónico hasta la tanquilla TT-43-5 y de allí por las tanquillas telefónicas hasta la central telefónica más cercana o CDT (Caja de Distribución Terminal) próxima. La distancia es de unos 193 m hasta la tanquilla mencionada.

Esta planta debe ser automatizada para que su supervisión y operación sea remota. Se plantea la instalación de sensores de campo y del PLC o RTU como parte del proyecto de interconexión de las plantas de agua. La conexión de esta planta es por Red de Nivel 1 para que la adquisición de datos sea en la PSA4. La posible red lógica interna de esta planta se muestra en la Figura N° 17.

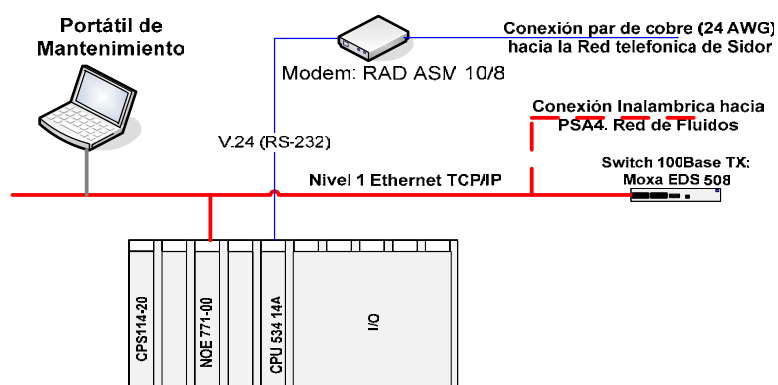


Figura N° 17: Diagrama de la red de automatización del Reservorio 1

2.1.6 Reservorio N° 2:

Situación actual: En Reservorio 2 no se cuenta con ningún elemento para la recolección de datos. La automatización de esta planta es de vital importancia ya que la verificación de los niveles de agua en los tanques que allí están, es hecha por un operador que sale una vez por turno desde PR3. Si por algún motivo los niveles estuviesen bajos, va directamente a la estación de Bombeo Caroní y prende las bombas de manera manual.

Medio de Transmisión: Se propone un enlace inalámbrico, la línea de vista esta garantizada. Vía cableada implica grandes distancias y hacer bancadas de concreto o colocar postes para soportar el cableado; y esto es bastante costoso. Otro punto en contra de las soluciones cableadas es el hecho que este nodo esta ubicado en las afueras de SIDOR. Esto supone todo un problema de mantenimiento y seguridad al medio físico.

La distancia por enlace inalámbrico hasta PSA5, 6 es de unos 2.39 km. En el sitio hay un poste para el alumbrado de unos 4 metros en donde se pudiese con el adecuado acondicionamiento montar la antena transmisora. Los perfiles se presentan en los anexos de este trabajo (Anexos-Perfiles). Los equipos inalámbricos con los cálculos de potencia de señal se presentan en la sección 4.2, Capítulo IV.

Como solución redundante se tiene la posibilidad de emplear con CANTV (Compañía Anónima Nacional Teléfonos de Venezuela) una línea telefónica para enviar los datos con un modem, en caso de perder comunicación por el medio inalámbrico. El problema es que no hay acometida telefónica hasta el sitio por lo que se debe hacer toda la instalación, para contar con pares dedicados hasta la central más cercana.

Se plantea la instalación de sensores de campo (medidores de pH, Nivel y Flujo) y del PLC como parte del proyecto. El planteamiento es colocar un PLC allí para supervisar remotamente las variables recolectadas. En el sitio se cuenta con un cuarto que puede, con un adecuado acondicionamiento, servir para la ubicación del PLC o RTU pequeño. La distancia entre dicho cuarto y la antena transmisora es de unos 15 m. La conexión de esta planta es por Red de Nivel 1 para que la adquisición de datos sea en la PSA4. El diseño lógico de automatización se muestra en la Figura N° 18.

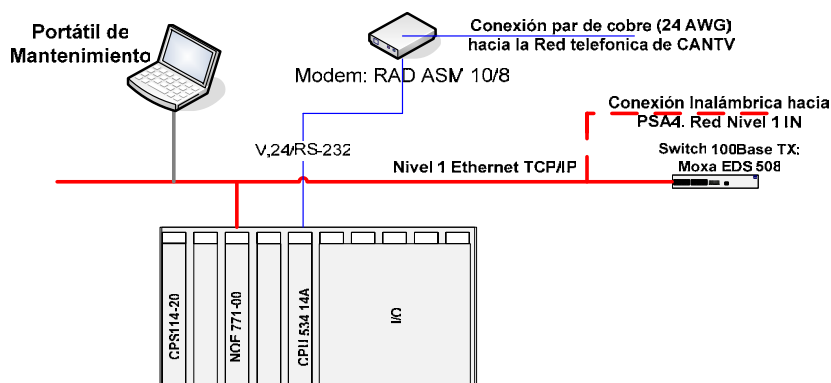


Figura N° 18: Diagrama de la red de automatización del Reservorio 2

2.1.7 Octágono

Situación actual: En esta planta todo el proceso funciona de manera manual.

Propuesta de Medio de Transmisión para la interconexión:

- Como primera opción se toma un enlace inalámbrico directamente al SISI. La distancia hasta el edificio del Centro de Control es de unos 480 m. Los perfiles indican perfecta línea de vista.
- Como opción redundante está la transmisión de data vía serial usando un modem y la infraestructura telefónica existente en SIDOR. En este nodo se cuenta con disponibilidad de pares telefónicos desde la ADS que se ubica en la planta¹⁴.

El PLC se instalaría como parte del proyecto de interconexión de las plantas, esto permitirá realizar supervisión y control remoto de esta planta. La conexión es por Red de Nivel 1 para que la adquisición de datos sea en el SISI. El diseño lógico de la red de automatización se muestra en la Figura N° 19.

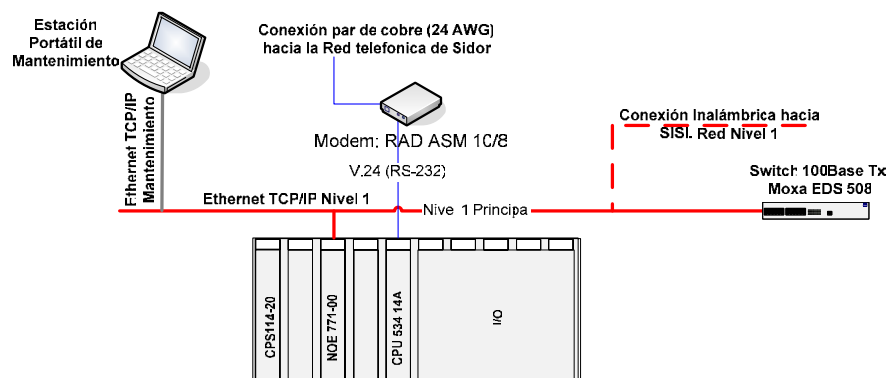


Figura N° 19: Diagrama de la red de automatización de Octágono

2.1.8 Graver, Marley y Permutit

Situación actual: Graver, Marley y Permutit son tres plantas de tratamiento de agua. Operativamente están bien diferenciadas pero físicamente se encuentran muy cercanas entre sí, por este motivo se consideran un único enlace que concentre la información de las tres plantas en Graver. Estas tres plantas permiten su interconexión de manera cableada a través de las tanquillas telefónicas de SIDOR.

¹⁴ Ver Diagrama Unifilar de Comunicaciones Telefónicas; sección 4.3, Capítulo IV.

En planta Graver hay un PLC Módicon Compact 984. Este PLC no funciona de manera adecuada. En planta Marley no hay PLC ya que hace poco dejó de funcionar pero existe una interconexión entre Planta Marley y planta Graver. Esto era funcional con Modbus TCP. Hay conexión por red RIO con Permutit a un Drop que es también de la serie Compact 984. Pero tampoco dicha red está en muy buen estado.

Estos PLCs están siendo cambiados por el estándar de SIDOR, el TSX Quantum. Este es un nodo importante ya que es una planta de tratamiento de agua relativamente grande, y se pretende controlar completamente de manera remota sin la presencia de operadores. Se tiene en proyecto instalar todos los sensores y equipos necesarios además de los PLCs bajo el estándar de SIDOR para redes de automatización.

Medio de transmisión: Como se dijo anteriormente planta Graver recoge los datos enviados por planta Marley y Permutit. Se consideran como opción de interconexión con el SISI lo siguiente:

- Enlace por fibra óptica monomodo directamente con el SISI a través de las tanquillas telefónicas. La distancia Graver-SISI siguiendo la ruta de tanquillas telefónicas es de unos 2.190 m. Se canalizaría hasta llegar a la tanquilla más cercana (esta canalización es a través de edificaciones), es decir una canalización interna, ya que la tanquilla más cercana está junto al edificio de Graver, y luego por tanquillas telefónicas se trae esta fibra hasta el SISI directamente.
- También se ha considerado para opción redundante a este enlace la conexión de esta planta con PSA3. El detalle es la falta de tanquillas telefónicas para la canalización de la fibra, lo que supone hacer canalizaciones de concreto o colocar postes para soportar el cableado de fibra óptica. La distancia que separa a ambas plantas es de 2.500 m. Esto implica una gran inversión, cerca de 50 mil dólares considerando colocar postes¹⁵, por ello solo se plantea esta posibilidad mas no se incluye en el diseño.

¹⁵ Ver precio de fibras en sección 4.1, Capítulo IV; Enlaces por Fibra.

La planta Marley se conectaría por red RIO con el PLC de la planta Graver separada unos 50 m. La planta Permutit esta separada de planta Graver unos 400 m y se encuentra conectada por red RIO a dicha planta; esto a través de las tanquillas telefónicas.

Tomando en cuenta que en este nodo (Graver, Marley y Permutit) no hay un adecuado sistema de automatización, este diseño propone la reingeniería casi completa de las tres plantas. Como parte del proyecto se considerara la instalación de todos los PLCs de la serie TSX Quantum para estas plantas. La conexión de esta planta es por Nivel de Fluidos (Nivel 2) y Nivel de Mantenimiento directamente con el SISI. La propuesta de automatización se presenta en la Fig. N° 20.

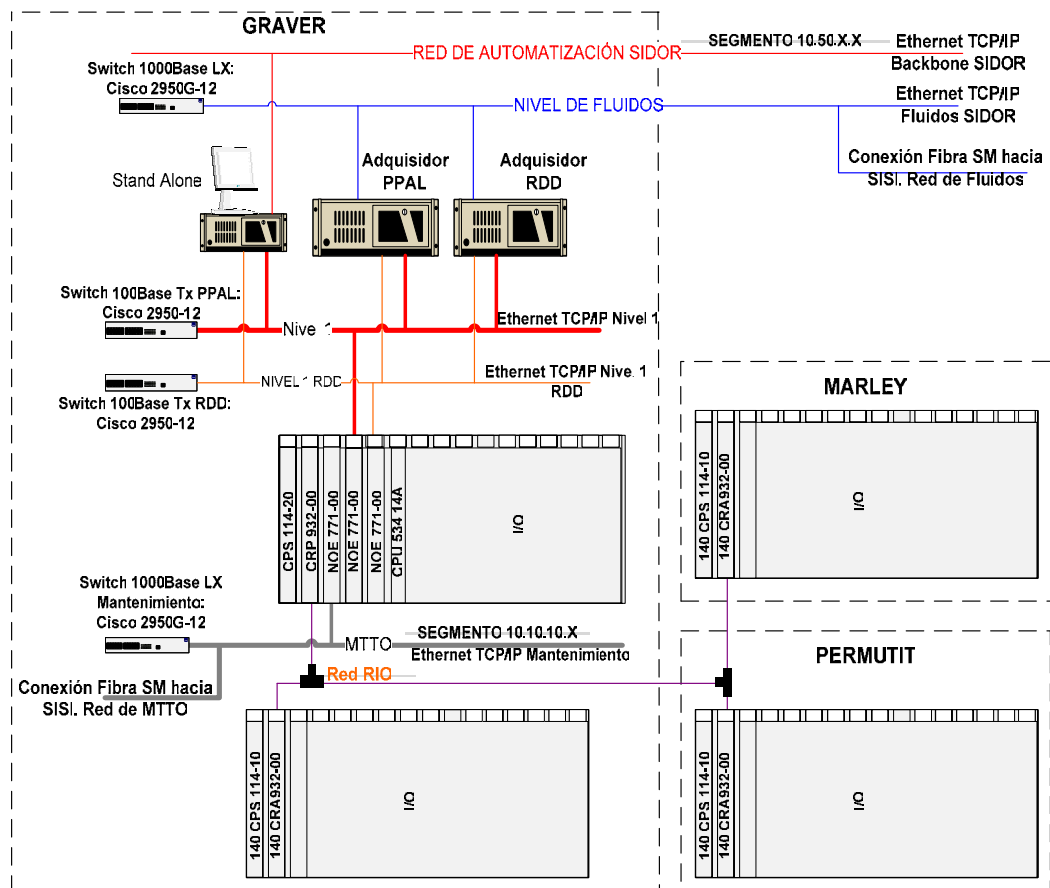


Figura N° 20: Diagrama de la red de automatización de Graver, Marley y Permutit.

2.1.9 PR2

Situación actual: PR2 cuenta con personal operando y supervisando por lo que el envío de señales sería selecto ya que no hay razón para enviar la cantidad total de información desde este nodo, pudiendo desde allí supervisar completamente estas variables y controlando con anticipación cualquier eventualidad presentada. Sin embargo manteniendo la premisa de un sistema de supervisión total de todas las plantas que compongan Fluidos Industriales, se debe tener en teoría, la posibilidad de poder enviar toda la información de estos PLCs hacia el Centro de Control de Fluidos Industriales.

PR2 tiene un (1) solo PLC con 3 drops conectados por red RIO. Este PLC posee dos CPU, con una arquitectura Hot-Standby. Aquí hay todo un sistema completo de adquisición de datos; adquisidor principal, redundante, 3 maquinas de visualización incluyendo una maquina de mantenimiento. Otro detalle es que éste nodo también realiza la adquisición de datos de las plantas Vapor, Demi (Planta Desmineralizadora) y Cromo. Existe un enlace de fibra óptica multimodo para la conexión de Nivel 1 entre PR2-Vapor, y PR2-Demi.

Medio de Transmisión: La solución como medio físico de transmisión para llegada al SISI es fibra óptica. Esto se realiza canalizando hasta las tanquillas telefónicas existentes en los trenes de laminación en caliente y de allí ir hasta la tanquilla telefónica TT-34-14. Por esta tanquilla pasa la fibra que viene de Graver, y colocando un Switch 1000Base LX se conecta esta fibra a la que proviene de Planta Graver (ya que esta es una fibra Gigabit-Ethernet), y de allí se continua el enlace hasta el SISI. Esta solución tiene el inconveniente de instalar el Switch cerca de dicha tanquilla telefónica, lo que implica que se debe acondicionar el espacio para estos equipos activos. La distancia PR2-TT-34-14 para un enlace de fibra vía Laminación en Caliente es de unos 550 m. Los niveles de red que se conectarán desde PR2 con el SISI, son Nivel de Fluidos (Nivel 2) y Nivel de Mantenimiento.

Se debe considerar además, que la Red de fluidos también se conectara desde esta planta por Nivel de Fluidos con Hidrogeno 1 y 3 y con Nivel de Mantenimiento con Vapor. Esto implica canalizar un tendido de fibra por la ruta PR2-Vapor-Aire2-Hidrogeno 1 y 3; fibra que enlazara dichas plantas también por otros niveles de red (se explicara en las plantas mencionadas, sección 2.1.10; 2.2.2, 2.2.3). La canalización entre PR2 y Vapor se puede hacer por bancadas de concreto por donde esta el tendido eléctrico de alta tensión entre ambas plantas. Se debe colocar una fibra óptica multimodo para que sea el medio de transmisión del Nivel de Fluidos (Nivel 2) y Nivel de Mantenimiento desde PR2 hacia Vapor; la distancia es de 180 m.

El diagrama lógico de la Figura N° 21 presenta la estructura de automatización actualmente en PR2 agregando algunos cambios para posibilitar la interconexión de esta planta con el Nivel de Fluidos y Nivel de MTTO (switch cisco 3550-12G para cada Nivel, además de módulos para fibra y medios de transmisión internos).

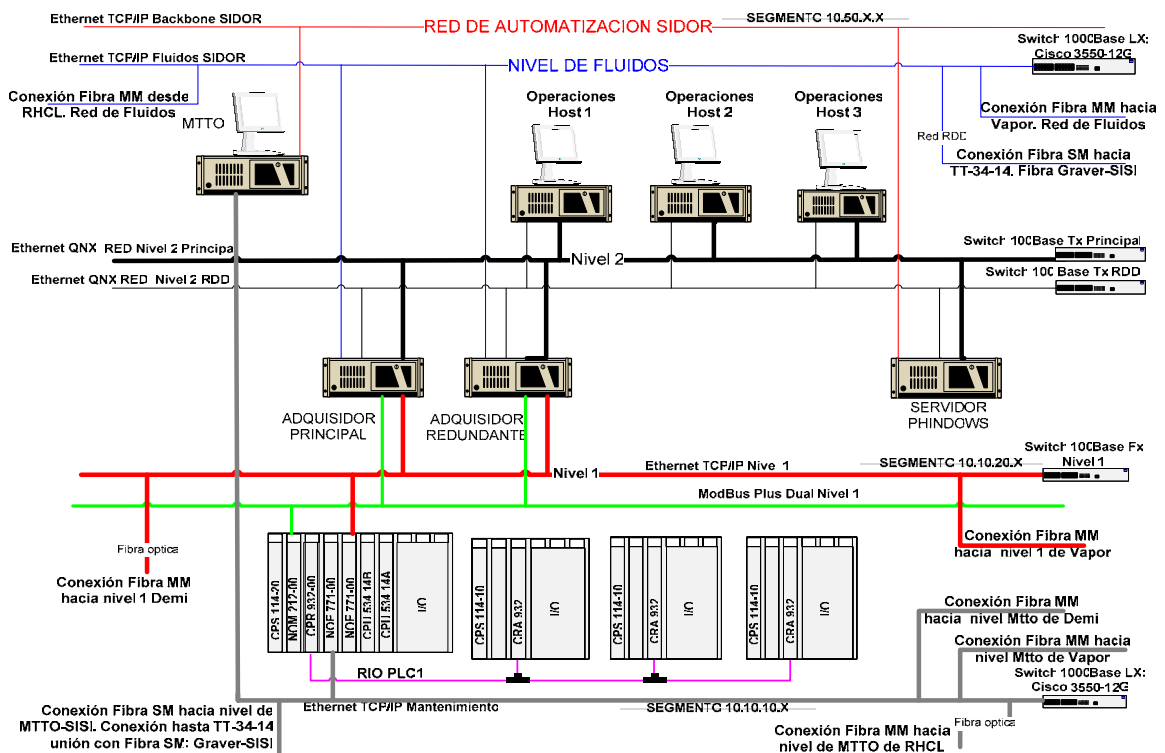


Figura N° 21: Diagrama lógico de la red de automatización de PR2

2.1.10 Vapor

Situación actual: Como se mencionó anteriormente, la planta PR2 esta cercana a la planta de Vapor. La planta de Vapor está automatizada con la arquitectura adoptada como estándar en SIDOR, por lo tanto la implementación de la interconexión es relativamente sencilla.

En Vapor hay dos PLC con 4 drops conectados por Red RIO. Ambos PLCs están configurados de igual manera, es decir dos replicas de PLCs sosteniendo el mismo proceso y unidos por un Módulo Hot-Standby inteligente/de propósito especial de Quantum (140 CHS 110 00). La adquisición de esta planta se hace en PR2. Aquí no hay maquina de mantenimiento ni conexión por este nivel.

Medio de Transmisión: La planta de Vapor está a aproximadamente 173 m de PR2. Hay una conexión de Nivel 1 que va hasta PR2, por una red de fibra por canalizado en estructuras (por las tanquillas de alta tensión eléctrica). Pero ahora se plantea la conexión de esta planta con la Red de Mantenimiento que se enlaza con PR2 y sigue hasta el SISI.

Por esta planta estaría pasando la Red de Fluidos (Fibra óptica que viene de PR2 y va hacia Aire 2). Como es una zona de estructuras para ir de Planta de Vapor hasta Aire 2, se puede canalizar usando las tanquillas de distribución eléctrica dispuestas entre ambas plantas. La distancia es de unos 73 m. Los costos asociados a este enlace se darán a conocer mas adelante¹⁶. La conexión entre Vapor y PR2 es por Nivel 1 y Nivel de Mantenimiento.

El diseño lógico de automatización esta dado por la Figura N° 22, y los cambios necesarios para incluir esta planta a la Red de Fluidos son: switch cisco 2950C-24 para el Nivel de MTTO, módulos (NOE 771 para conexión a MTTO) y tarjeta adaptadora de red Ethernet.

¹⁶ Ver Enlaces por Fibra. Sección 4.1, Capitulo IV.

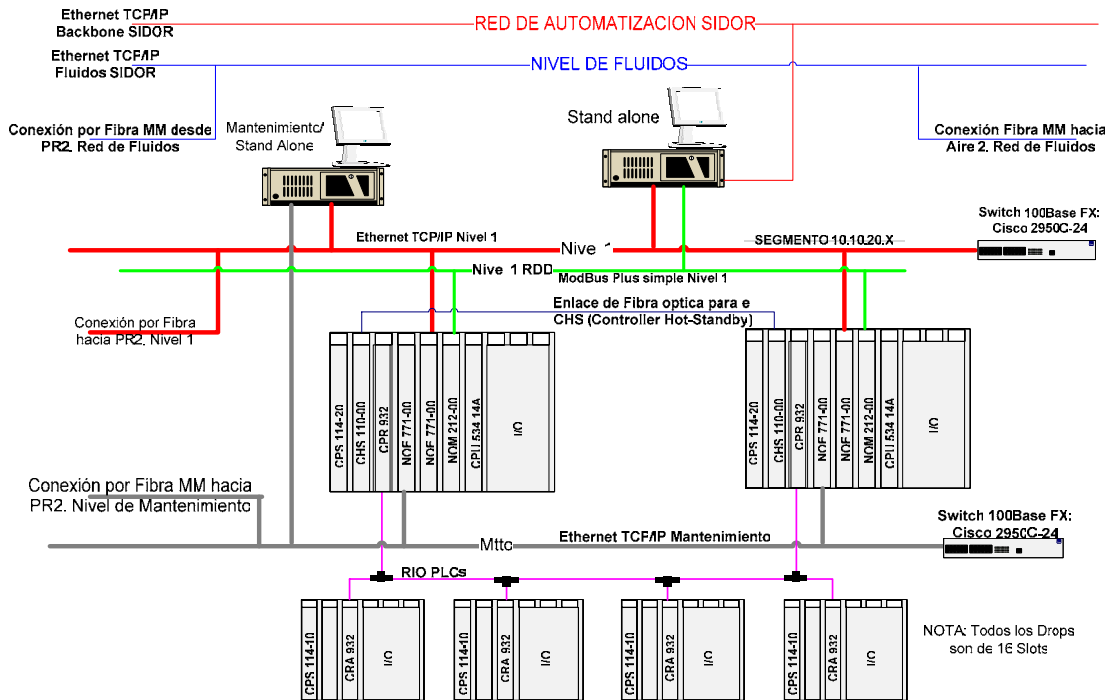


Figura N° 22: Diseño lógico de la red de automatización de Vapor

2.1.11 RHCL

Situación Actual: Esta planta está comprendida por tres (3) plantas de regeneración de ácido clorhídrico las cuales no están automatizadas. Se piensa colocar dos PLCs que sostengan toda la operación de las tres plantas de RHCL. La cercanía con PR2 facilita la interconexión con la misma. Se pretende que la adquisición de datos de esta planta sea local, esto para aumentar la confiabilidad en los sistemas de adquisición colocando allí un adquisidor principal y su correspondiente secundario.

Medio de Transmisión: Esta planta se ubica al lado de PR2 a unos 50 m. Como medio de transmisión entre ambas se propone fibra óptica. La comunicación con PR2 será a Nivel de Fluidos (Nivel 2) y Nivel de Mantenimiento. Para esta conexión por estos dos niveles es suficiente fibra multimodo de 8 pares de hilos (se tomaran unos 80 m considerando que no es una línea recta entre ambas plantas sino a través de bancadas y ductos).

La Figura N° 23 muestra el diagrama lógico de automatización de esta planta.

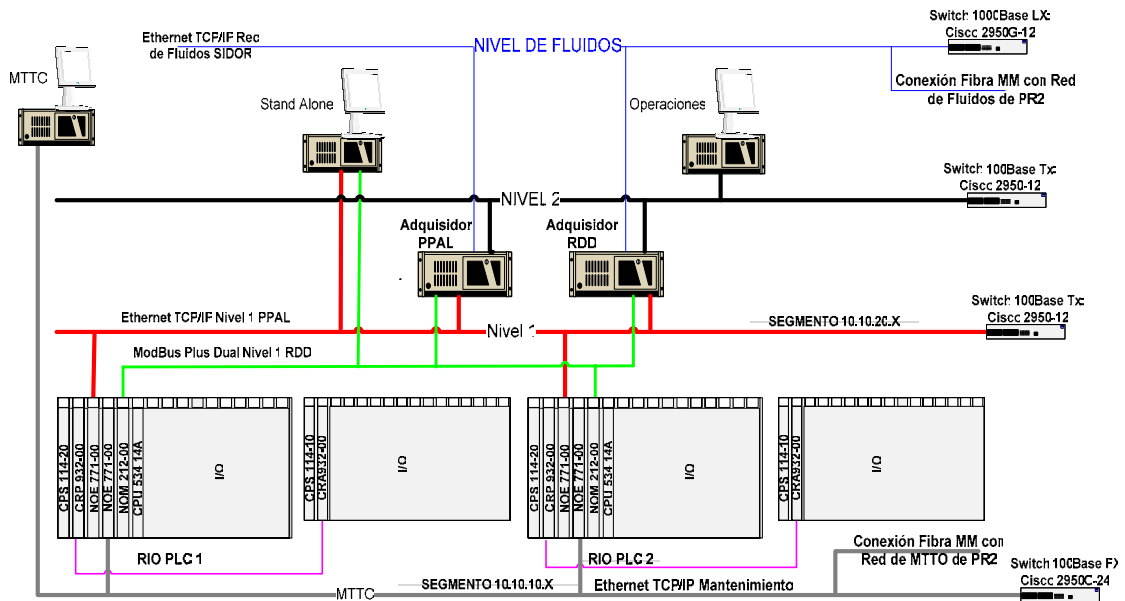


Figura N° 23: Diagrama de la red de automatización de RHCL

2.1.12 Planta Desmineralizadora y Planta de Cromo

Situación actual: Las plantas Demi y Cromo se van a considerar como un solo nodo. Ambas plantas se encuentran muy cercanas, a escasos 40 m entre ellas, lo que supone que pertenezcan a un mismo punto de transmisión. Se conoce que en planta Demi hay un PLC y esta comunicado con PR2 sin máquinas de mantenimiento ni Stand-alone. Dicho PLC se conecta por fibra óptica con la Red de Nivel 1 de PR2 en donde se hace la adquisición de datos.

Propuesta de medio de transmisión: Se pretende ahora agregar la conexión por Nivel de Mantenimiento hacia PR2. En planta de Cromo hay un PLC pero no esta comunicado con Demi. La idea es por red RIO comunicar este PLC con el de Planta Demi. Esto implica agregar a ambos PLCs, tarjetas de comunicación RIO (CRP, y CRA). Además de esto para la Red de Mantenimiento se debe agregar un switch y un modulo de comunicación NOE (tarjeta de comunicación del PLC TSX Quantum).

La Figura N° 24 muestra el diagrama lógico de la red de automatización de Demi-Cromo.

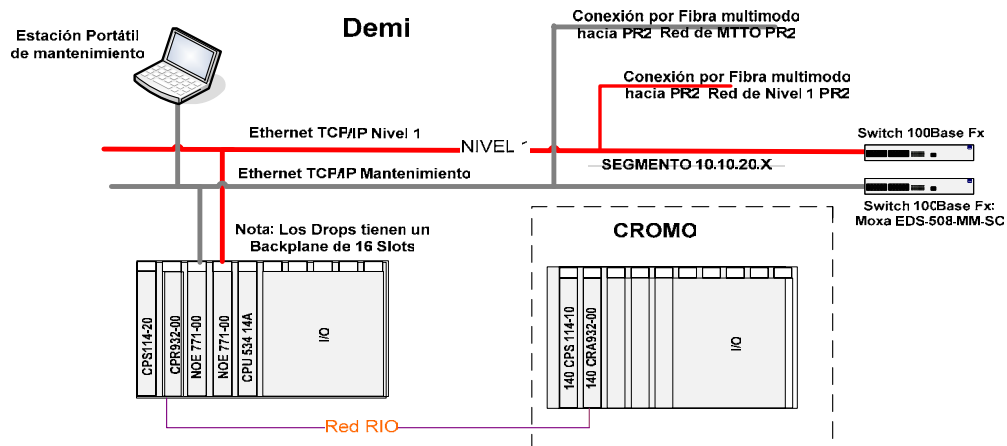


Figura N° 24: Diagrama de la red de automatización de Demi y Cromo

2.1.13 Planta de Recirculación de Agua 3 (PR3)

Situación actual: En PR3 hay cuatro (4) PLCs, Modicon Compact 984, dos (2) máquinas de visualización y una máquina de mantenimiento. Hay dos adquisidores (principal y redundante), y un servidor Phindows. La comunicación de Nivel 2 es conectada por un FastHub serie 400 de Cisco. La red de Nivel 1 esta comunicada por Modbus Plus sin conexión Ethernet. Todo esto para una futura automatización debe migrar a los estándares ya establecidos en SIDOR.

Parte de un completo proyecto de automatización incluye el cambio de estos PLCs por nuevos TSX Quantum de Modicon. Es obvio que esto implica una gran inversión económica pero para este diseño, siendo pensado sobre la base de una completa automatización de las plantas de Fluidos industriales, hace indispensable el completo desarrollo en esta área que prevé la estandarización de todos los elementos que la conforman, entre los que se destacan los PLCs TSX Quantum.

Medio de Transmisión: Se puede traer la información de esta planta usando fibra por las tanquillas telefónicas hasta el SISI. Representa una larga distancia y esto redundante en costos elevados pero considerando el flujo de datos desde PR3 hacia el SISI, la importancia de esta planta, y en el afán de automatizar con tecnología de

punta, se puede considerar la interconexión de PR3 usando directamente una fibra óptica monomodo hacia el SISI. La distancia por tanquilla telefónica es de 2.960 m.

La opción redundante es por medio de la red telefónica de SIDOR usando un modem de datos. El ADS (Armario de distribución secundario) que allí se ubica es el ADS 1-12-3 con disponibilidad de pares telefónicos. El diseño de la Figura N° 25 contempla la reingeniería de esta planta que solo excluye los adquirentes y maquinas de visualización. La conexión de esta planta es por Nivel de Fluidos y Mantenimiento.

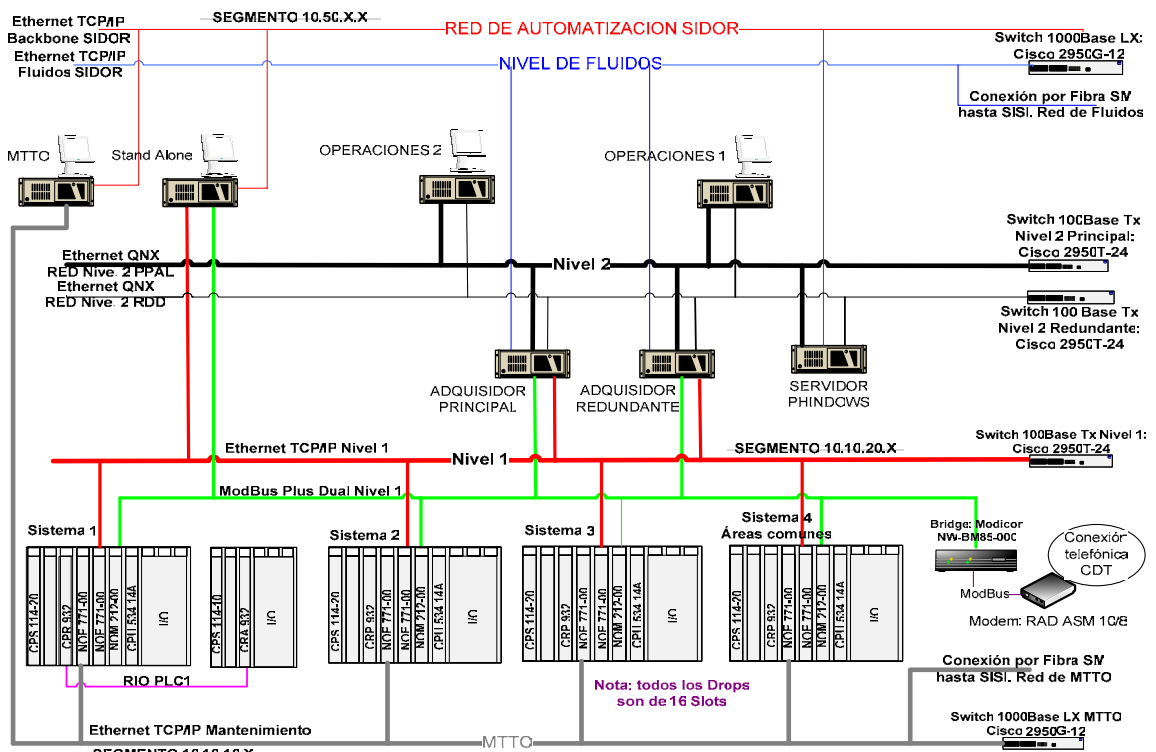


Figura N° 25: Diagrama de la red de automatización de PR3

2.2 Gases:

2.2.1 PSA4, 5, 6:

Situación actual: La Planta Separadora de Aire 4 (PSA4) está totalmente automatizada. Aquí está ubicada la superintendencia de Fluidos Industriales y es el nodo de interconexión más importante.

Medio de Transmisión: Esta planta ya está conectada con el SISI a Nivel de Mantenimiento por una red de fibra óptica monomodo. Se conoce que dicha fibra tiene todos sus pares de hilos ocupados, por lo que para la conexión con el Nivel de Fluidos (Nivel 2) se requerirá de la inclusión de otra fibra monomodo. Se debe considerar además una opción redundante de conexión con el SISI (también por fibra). Esta necesidad obliga a considerar en los costos de instalación de fibra el enlace PSA4-SISI que tiene una distancia de 1.212 m. Estos costos se plantean en la sección 4.1 de enlace por fibra, Capítulo IV.

En PSA4, se piensa ubicar el sistema de adquisición de datos de las plantas Manantial, Bombeo Orinoco, Bombeo Caroní, PTAN, Reservorio 1 y Reservorio 2. Esto tiene un doble propósito; hacer un solo sistema de adquisición de datos para estas seis plantas que son pequeñas y cuyos PLCs manejan poca cantidad de datos, y evitar conectar estas plantas directamente a la red Gigaethernet que se plantea para la interconexión de los nodos de la Red de Fluidos Industriales. Conociendo que estos seis enlaces serán inalámbricos y a una tasa de transmisión mucho menor¹⁷, el adquirente sería el “Gateway” entre estas plantas y la Red de Fluidos.

Los enlaces de las seis plantas antes mencionadas tendrán sus antenas receptoras en el tope de la Columna de destilación de PL4 ubicada en la planta PSA5, 6. La conexión desde las antenas es por un cable UTP CAT 5E el cual tiene una longitud máxima de 100 m. Como la altura de esta columna es de unos 60 m, y la separación de PSA5, 6 a PSA4 es de unos 100 m se deberá considerar la colocación de un Switch con conexión de fibra multimodo en la caseta de PL4 (PSA6) para posibilitar llegar hasta los adquirentes dispuestos en el Centro de Control de PSA4. El nivel 2 de estas seis plantas será implementado directamente en el SISI; tanto visualización como operación.

¹⁷ Ver equipos inalámbricos en Capítulo IV, sección 4.2.1 y 4.2.2

En la Figura N° 26 se muestra el diagrama lógico de automatización de la Planta Separadora de Aire 4, donde solo se agrega los equipos de red necesarios para la adquisición de las plantas Orinoco, Caroní, Manantial, PTAN y Reservorio 1 y 2:

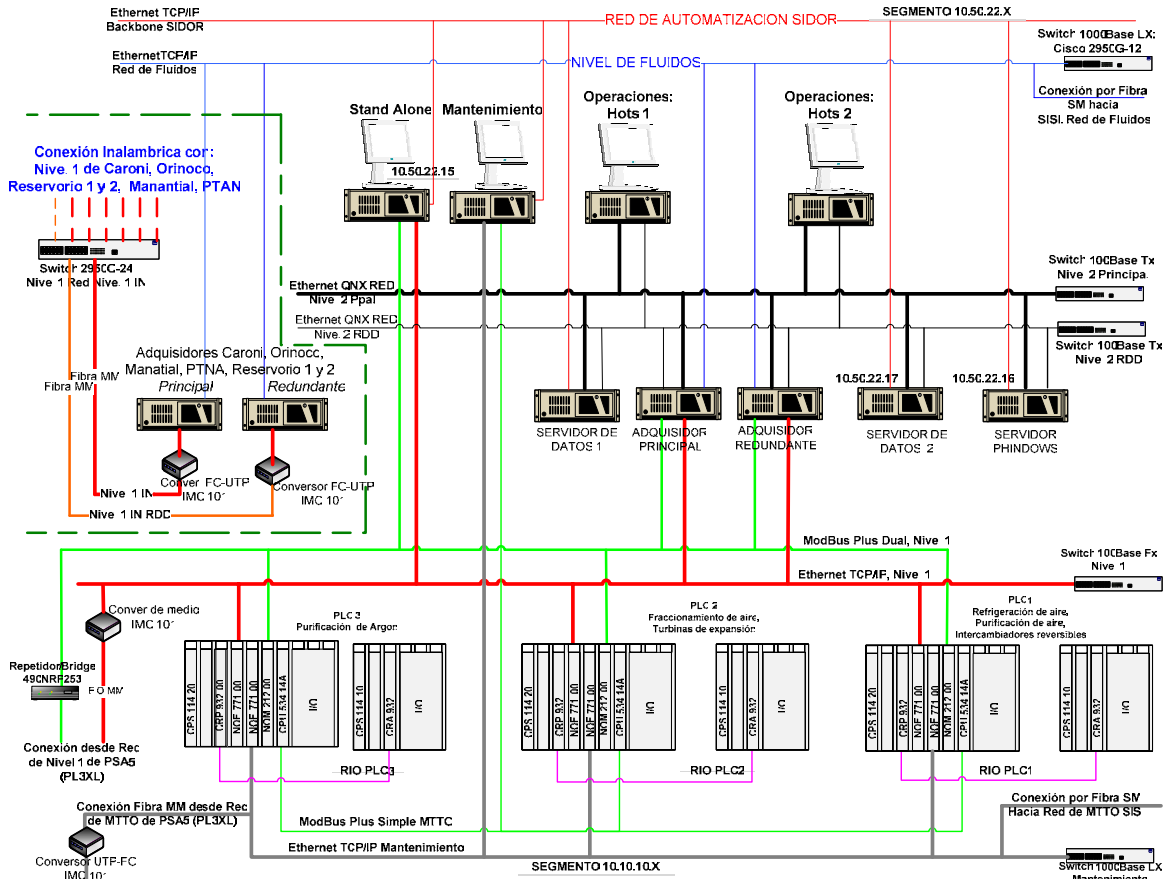


Figura N° 26: Diagrama de la red de automatización de PSA4

Las plantas separadoras de aire 5 y 6 están ubicadas al lado de PSA4 a unos 100 m. Dichas Plantas; PSA5 conocida como PL3XL y PSA6 conocida como PL4, están totalmente automatizadas para ser operadas de manera remota. El sistema de adquisición y operación de dichas plantas esta ubicado en el Centro de Control de PSA4. Para enviar la información desde estas plantas a PSA4, se hace por fibra multimodo a red de Nivel 1 principal y Nivel de Mantenimiento. La conexión de Nivel 1 y Mantenimiento se conecta por fibra multimodo desde PL4 (PSA6) hasta PL3XL y de allí continúa por fibra multimodo hasta PSA4. Para la conexión con nivel 1 redundante se tiene una red Modbus Plus conectada también por fibra MM a

través de un repetidor/brigde ModBus Plus que une estas plantas con PSA4. El diagrama de automatización de ambas plantas se muestra en las Figuras N° 27 y N° 28.

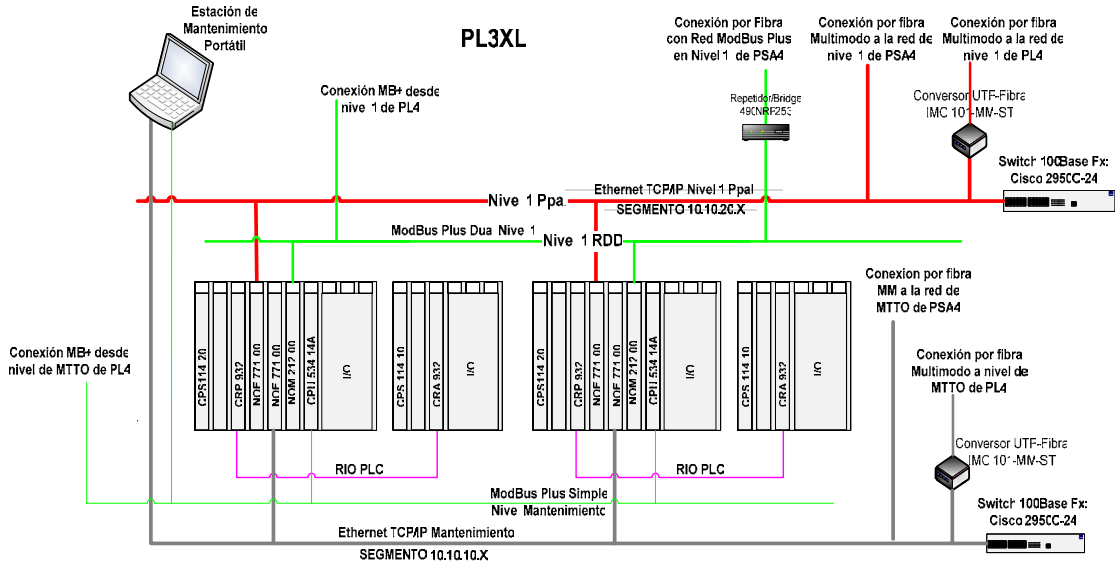


Figura N° 27: Diagrama de la red de automatización de PSA5

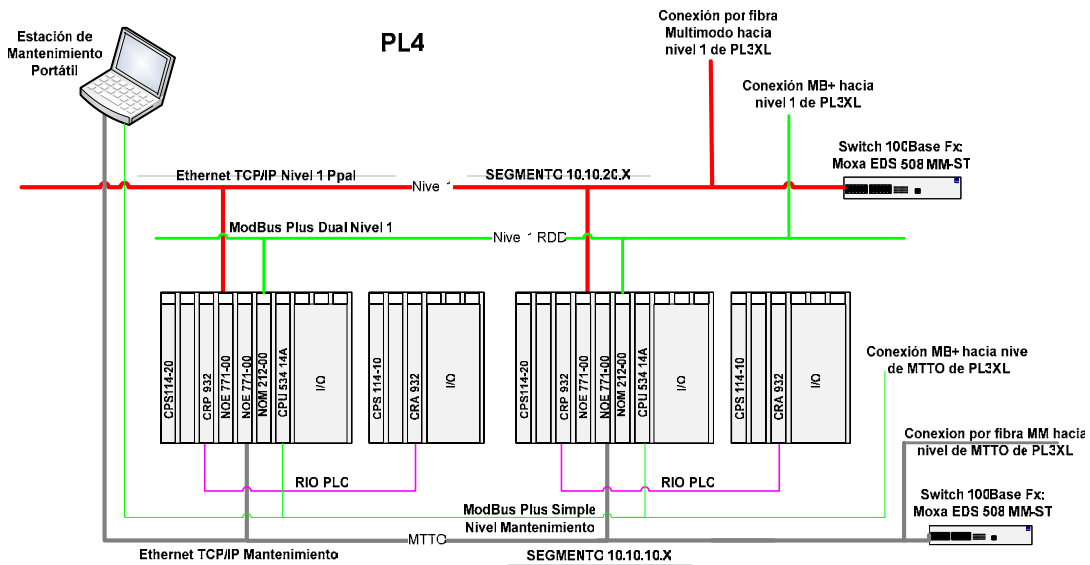


Figura N° 28: Diagrama de la red de automatización de PSA6

2.2.2 Aire comprimido 2:

Situación actual: Esta planta consta de dos (2) compresores de aire. Se está en un proceso de reingeniería para los PLCs que allí se encuentran. La automatización y el

control de estos compresores de aire es basada en PLCs Siemens, pero con la firme intención de cambiar a los PLCs TSX Quantum de Modicon.

Medio de Transmisión: La estación de aire comprimido se ubica entre la planta de Laminación en Caliente y la de Laminación en Frío. La conexión de esta planta a la Red de Fluidos es por Nivel 1 tanto principal como redundante, ya que la adquisición de datos de esta planta es en PSA3. También se hace conexión por Nivel de Mantenimiento usando la Red de Fluidos. Esta conexión se hace pasando físicamente primero por la Planta de Hidrógeno 1, Hidrógeno 2 y Gas Natural.

Se propone canalizar desde allí un enlace de fibra óptica hasta llegar a la planta de Hidrógeno 1. Para canalizar entre esta planta (Aire 2) y Hidrógeno 1 se debe ir por tanquilla hasta la sala eléctrica al lado de Laminación en Frío (unos 50 m de separación). De allí por los sótanos de Recocido 1 con un canalizado interno con bandejas o tubería rígida, se dirige esta fibra hasta Hidrógeno 1 en el otro lado del tren de laminación (unos 180 m). El diagrama lógico de automatización contempla la reingeniería de esta planta y esta dado por la figura N° 29.

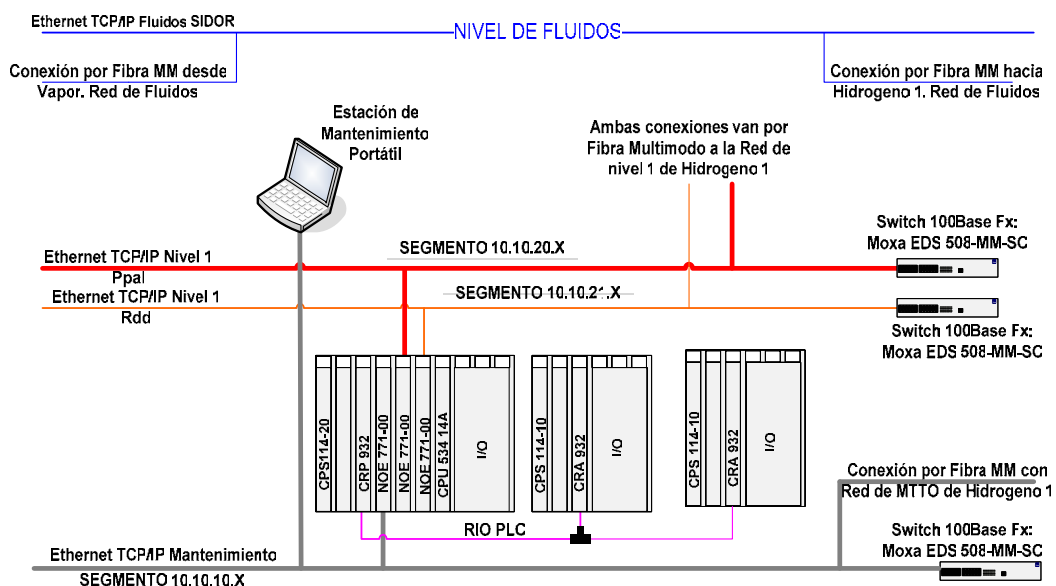


Figura N° 29: Diagrama de la red de automatización de Aire 2

2.2.3 Hidrógeno 1 y 3:

Situación actual: Tanto Hidrógeno 1 como Hidrógeno 3 están ubicados en las áreas de Laminación en Frío y ambas se tomarán como un solo nodo de conexión con la Red de Fluidos. Actualmente Hidrógeno 3 esta automatizada (hay 1 PLC Modicon TSX Quantum) e Hidrógeno 1 esta en proceso de automatización en cuya sala hay también una máquina de MTTO.

Medio de Transmisión: A esta planta llega la información de Nivel 1 y de Mantenimiento proveniente de Aire 2. Esta Planta, Hidrógeno 1, se conectará por un enlace de fibra óptica multimodo hasta la planta de Hidrógeno 2 ubicada también en Laminación en Frío. La conexión es por Nivel 1 principal y redundante, ya que la adquisición de datos de esta planta se hará en PSA3. También se desea conexión de esta planta por Nivel de Mantenimiento.

La distancia para el enlace de fibra contempla varios tramos. En Laminación en Frío (Ampliación) hay todo un conjunto de sótanos por los cuales se colocan bandejas bien sea para cables de alta tensión, comunicaciones, tuberías de agua, etc. Por allí se planea canalizar esta fibra que conecta Hidrógeno 1 con Hidrógeno 2 (unos 157 m de recorrido). Pero la interconexión de estos sótanos es limitada por lo que en algunos tramos se debe subir por las vigas y por las láminas laterales (unos 128 m de canalización interna) sosteniendo bandejas de acero por donde se colocara la fibra hasta llegar a Hidrógeno 2. En total unos 285 m de fibra óptica.

Hidrógeno 3 se conecta por Nivel 1 y MTTO a Hidrógeno 1, la separación es de unos 50 m. Se debe ir hasta el sótano donde se encuentran las canalizaciones de energía eléctrica para por allí hacer el cableado entre ambas plantas.

La propuesta de la red interna de automatización de Hidrógeno 1 y 3 está dada por el diagrama lógico de la Figura N° 30, donde se observa las conexiones antes mencionadas además de la conexión a la red a nivel de fluidos.

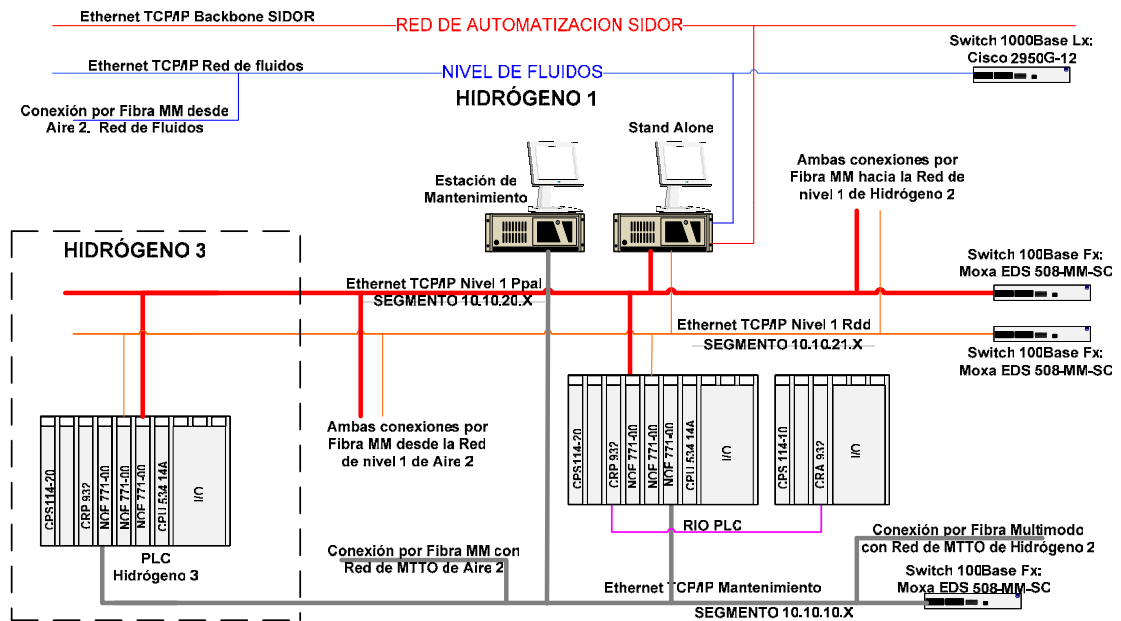


Figura N° 30: Diagrama de la red de automatización de Hidrógeno 1 y 3

2.2.4 Hidrógeno 2:

Situación actual: Ubicada en las áreas de Laminación en Frío. Se está automatizando con los estándares de redes de automatización.

Medio de Transmisión: A esta planta de Hidrógeno 2 llega la información proveniente de Hidrógeno 1 y 3. La solución de interconexión en esta planta es hacia la estación de Gas Natural ubicada a unos 435 m de distancia. La canalización se debe hacer de dos maneras; primero por los sótanos y tanquillas de tensión eléctrica existentes para Recocido Continuo (unos 43 m), luego de allí ir por tubería rígida o bandejas por la vigas que sostienen el galpón (unos 130 m), y por último colocando postes para un canalizado aéreo hasta la estación de gas (unos 262 m).

La adquisición de datos de esta planta se hará en PSA3. Por lo que la conexión de fibra será a Nivel 1 tanto principal como redundante. También se hará conexión por Nivel de Mantenimiento. La Figura N° 31 muestra el diagrama lógico de automatización propuesto para esta planta.

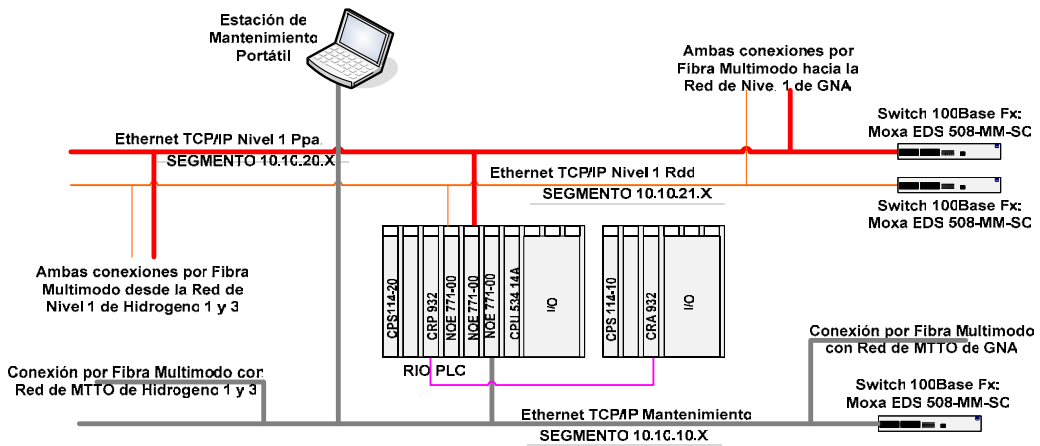


Figura N° 31: Diagrama de la red de automatización de Hidrógeno 2

2.2.5 GNA

Situación actual: El proceso está automatizado totalmente y comunicado con la red de adquisición y mantenimiento de PSA3 tanto por Nivel 1 principal como por redundante usando una fibra óptica multimodo de 8 hilos.

Medio de Transmisión: Actualmente existe un enlace de fibra óptica que va hasta PSA3 (Dist.= 1.391 m). Esta fibra lleva a PSA3 los niveles 1 principal y redundante y el nivel de mantenimiento de GNA, por ello se conectara la red de fibra de Nivel 1 y Mantenimiento que viene desde Hidrógeno 2 y va hasta PSA3. El diagrama lógico de red de esta planta esta dado por la figura N° 32, donde se muestra la conexión entre las redes de Nivel 1 (Ppal y RDD) y Nivel de Mantenimiento hacia PSA3.

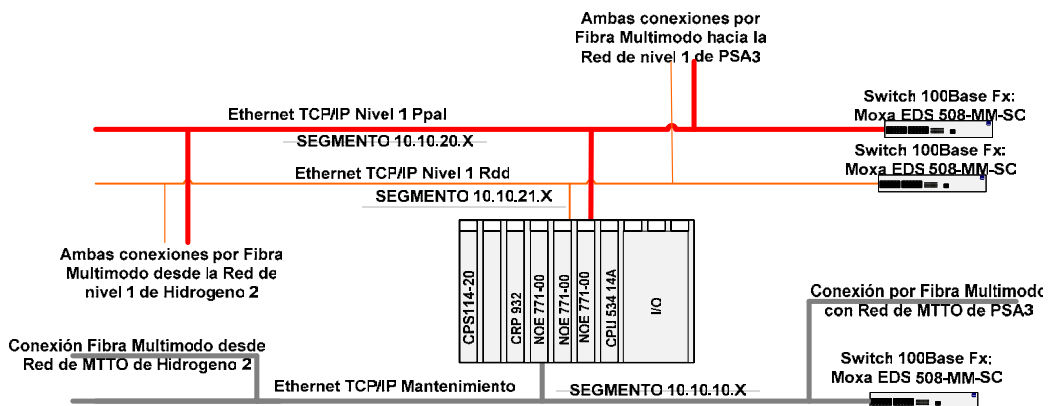


Figura N° 32: Diagrama de la red de automatización de GNA

2.2.6 PSA3

Situación actual: Esta totalmente automatizada. Su nivel de automatismo es similar al de PSA4.

Medio de Transmisión: Esta planta ya esta conectada por Nivel de Mantenimiento por una red de fibra monomodo que pasa por el SISI y va hacia PSA4. Se conoce que esta fibra tiene disponibilidad de hilos para la conexión por Nivel de Fluidos (Nivel 2) que se plantea entre esta planta y el SISI. El diagrama lógico de PSA3 esta dado en la figura N° 33, donde se incluye para la conexión con el Nivel de Fluidos; dos tarjetas de red para los adquisidores, un switch cisco 2950G-12, y sus respectivos módulos de fibra. También se aprecia la conexión que viene desde GNA y que conecta los niveles 1 de las plantas Aire2, Hidrogeno 1, 2, 3; y GNA con los adquisidores principal y redundante de esta planta; y el Nivel de Mantenimiento con la máquina de mantenimiento.

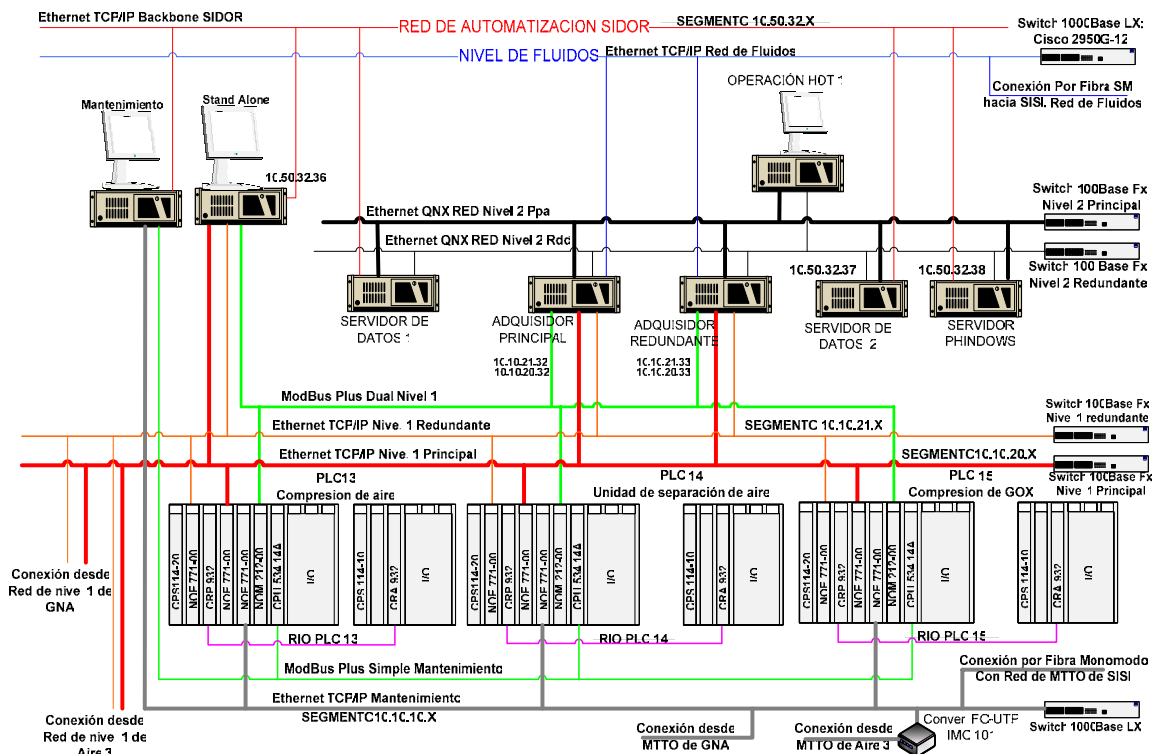


Figura N° 33: Diagrama de la red de automatización de PSA3

2.2.7 Aire comprimido 3

Situación actual: Ubicada al lado de PSA3. Está automatizada pero con PLCs Siemens. Estos serán próximamente cambiados por PLCs TSX Quantum de Modicon.

Medio de Transmisión: Se conectará por un tramo corto de fibra óptica hasta PSA3. Este es un tramo de unos 180 m por las tanquillas telefónicas y de tendido eléctrico allí existentes. Los niveles en los que se hará conexión con esta planta son: Nivel de Mantenimiento, y Nivel 1 Principal y redundante, debido a que la adquisición de datos se hará en PSA3. La Figura N° 34 muestra el diagrama lógico de automatización propuesto para esta planta.

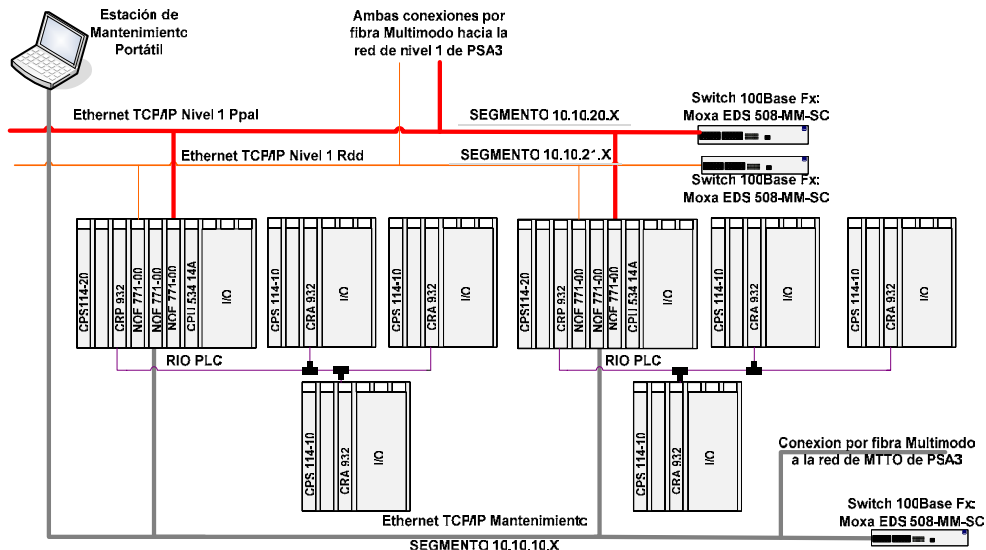


Figura N° 34: Diagrama de la red de automatización de Aire 3

2.2.8 SISI

Situación Actual: Está ubicado en el centro de control de SIDOR. Este sistema actualmente cuenta con un (1) PLC, un (1) adquisidor, un (1) servidor Phindows, un (1) FastHub para la comunicación entre PLC-Adquisidor, tres (3) Bridge/Mux (NW-BM85) y un (1) Modem Rack ASM-MN-214 para tarjetas modem ASM 10/8/R para la recolección de datos vía modem de varias RTU instaladas en los previos de algunos clientes de Fluidos Industriales.

Propuesta de diseño: Este nodo es el principal; aquí debe concurrir la información de todas las plantas de la Red de Fluidos Industriales. El mayor desafío en diseño se presenta en este nodo ya que actualmente, existe toda una estructura de red la cual está operativa pero requiere cambios para la integración de este nodo con la Red de Fluidos. Algunos de los cambios implican agregar máquinas de visualización u operación, así como elementos activos que concentren la información proveniente de diversos enlaces y medios de transmisión tales como fibra, enlaces telefónicos e inalámbricos. Esto conlleva a la colocación de Switches, tarjetas de Red, tarjetas Modem, Bridge y servidores de datos.

En la Fig. N° 35 se muestra el diagrama lógico del Centro de Control propuesto donde se incluyen los elementos ya existentes, presentados en la *Situación Actual* de esta planta.

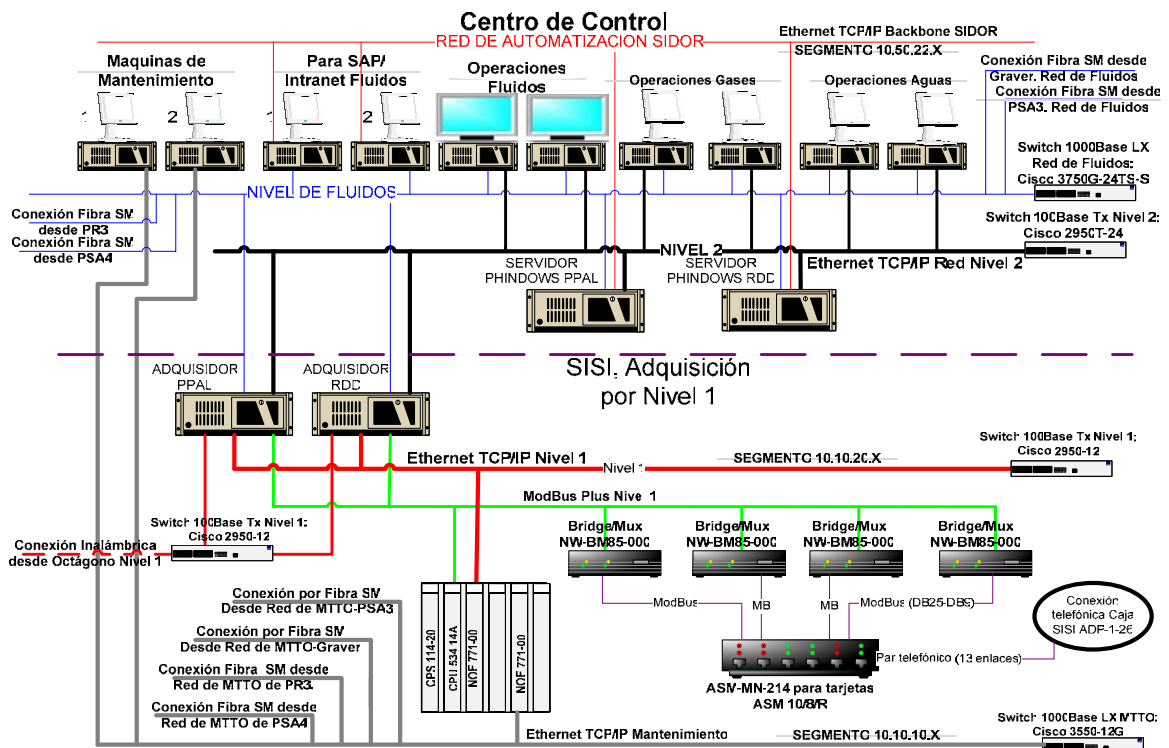


Figura N° 35: Diagrama de la red de automatización del Centro de Control

3. Conexión lógica por niveles de las plantas de fluidos Industriales

Usando el diagrama lógico de conexión de la Red de Fluidos Industriales y conociendo los diseños internos de automatización de cada planta, se presenta en las figuras N° 36, 37, 38, 39, 40 y 41, los diagramas de interconexión por niveles lógicos de automatización (Nivel 1, 2 y Mantenimiento). Conociendo que la forma de comunicación es distinta para cada uno de estos niveles lógicos, se hace énfasis en estos diferentes tipos de conexiones.

3.1 Diagrama lógico de la red de Nivel 2 de Fluidos Industriales

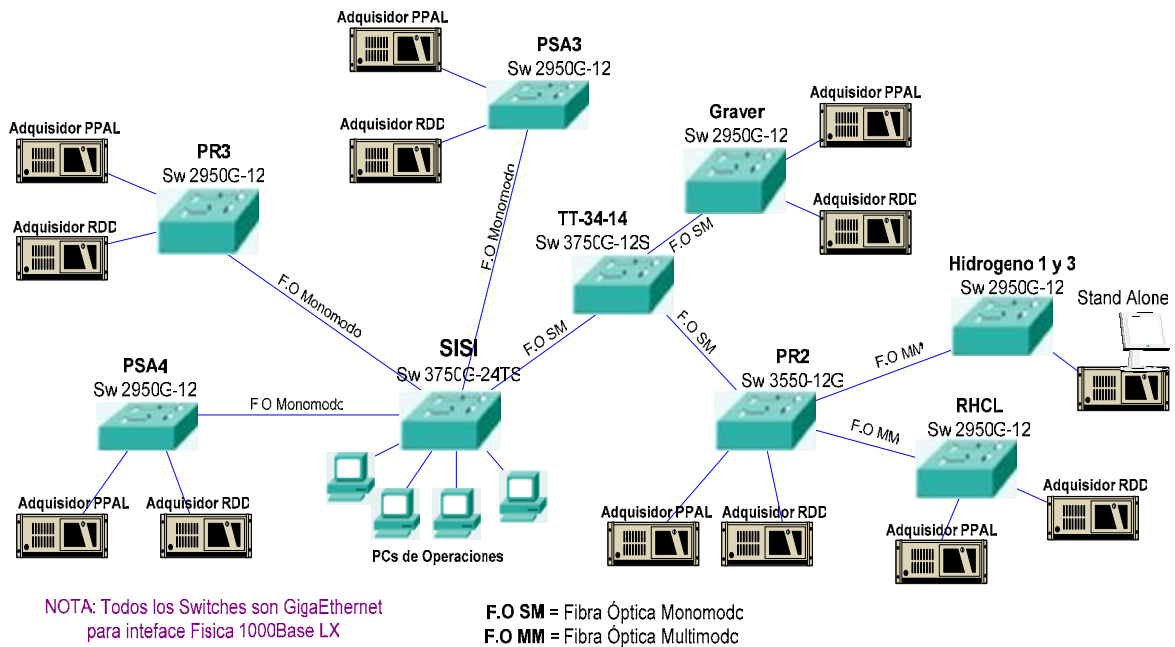


Figura N° 36: Red de Nivel 2 (Nivel de Fluidos)

3.2 Diagrama lógico de red de Nivel 1 para Adquisición de datos Octágono

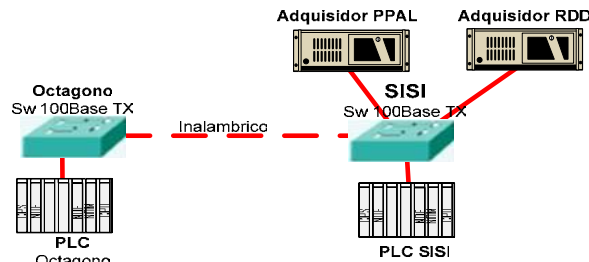


Figura N° 37: Conexión por Nivel 1 (Octágono-SISI)

PSA3:

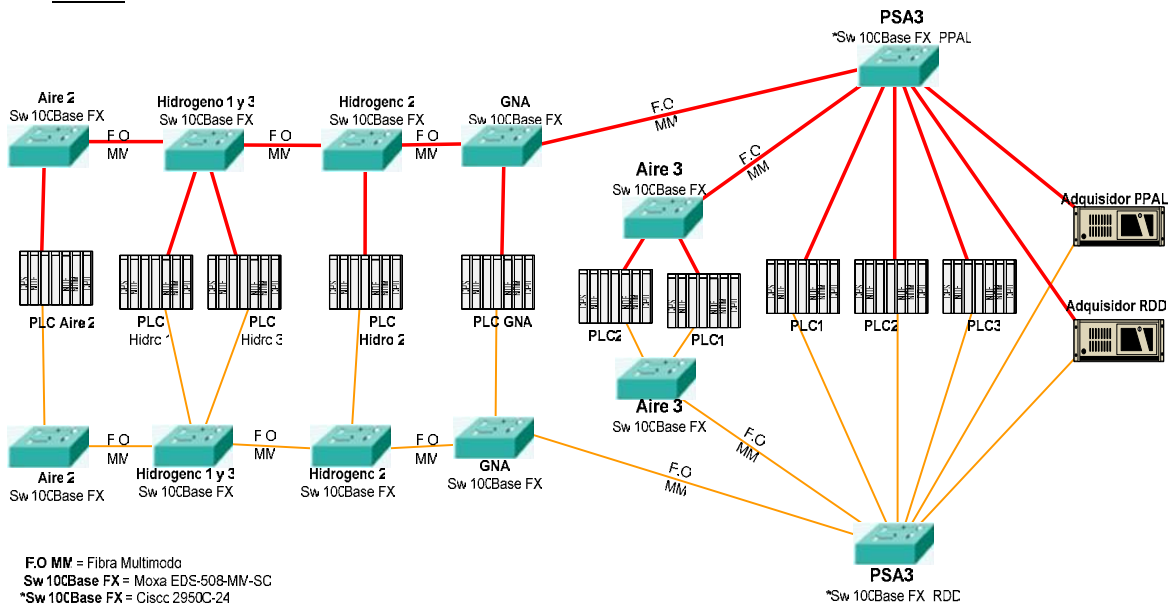


Figura N° 38: Conexiones Nivel 1 Ppal y RDD de Aire 2 y 3, Hidrógeno 1, 2 y 3, GNA.

Nota: El diagrama no considera una Red ModBus Plus entre los PLCs 1, 2, 3 de PSA3 y los Adquisidores principal y redundante.

PSA4:

*Sw 100Base FX = Cisco 3750-24PS
 *Sw 100Base TX = Moxa EDS-50E
 *Sw 100Base TX = Cisco 2950-12

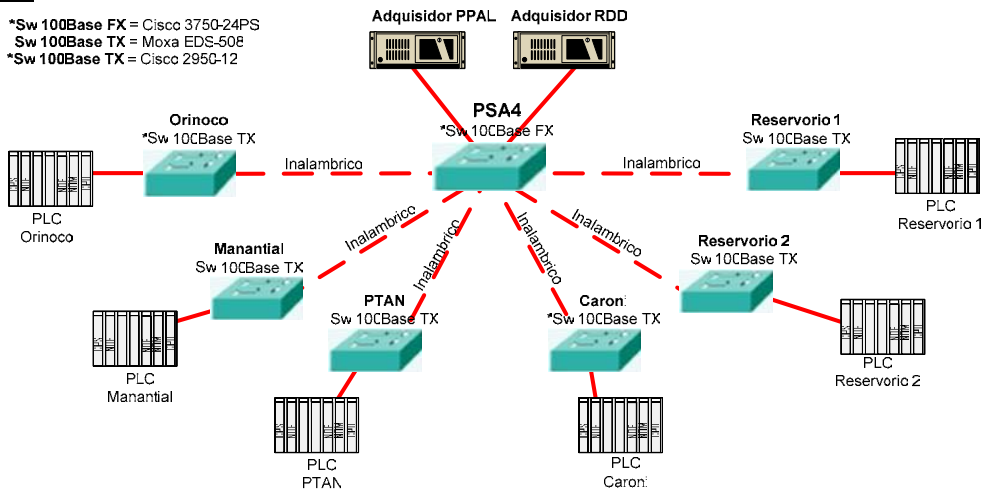
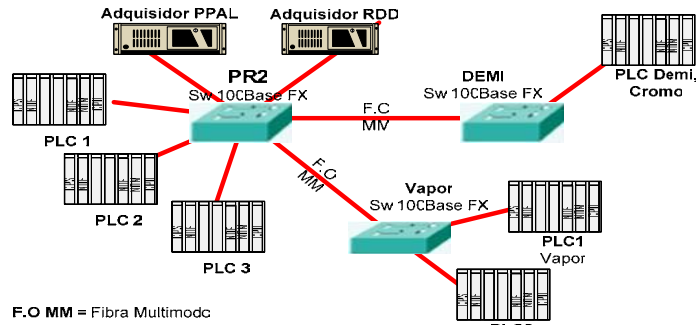


Figura N° 39: Conexiones por nivel 1 de las plantas lejanas de Fluidos Industriales

Nota: Existe para Orinoco en el enlace por nivel 1 redundancia desde el PLC Orinoco hasta el Switch de PSA4. Esta contempla el mismo medio de Tx (es un espejo del enlace Principal)

PR2:



F.O MM = Fibra Multimodc

Figura N° 40: Conexión por Nivel 1 de Demi y Vapor

Nota: El diagrama no considera una Red ModBus Plus entre los PLCs 1, 2, 3 de PR2 y los Adquisidores principal y redundante.

3.3 Diagrama lógico de la red de Mantenimiento de Fluidos Industriales

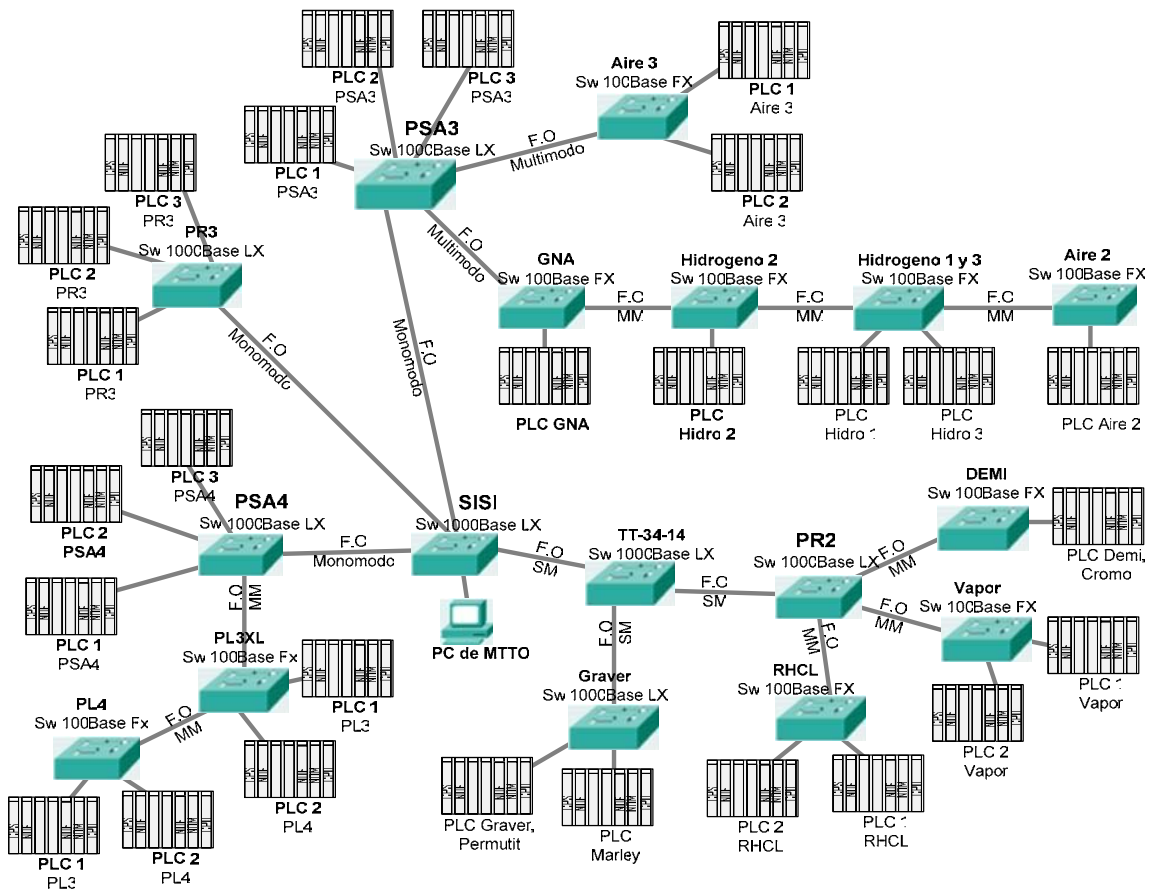


Figura N° 41: Red de Mantenimiento de Fluidos Industriales

4. Características de los enlaces físicos:

4.1 Enlace por Fibra:

SIDOR cuenta con una red de tanquillas para los sistemas telefónicos y demás redes de comunicaciones. Este sistema de canalizaciones no llega a todos los puntos a interconectar, por lo que en algunos casos será necesario completar el tendido instalando tubería rígida, haciendo canalizaciones de concreto o colocando postes para soportar el cableado.

La *fibra óptica* debe ser estándar para la empresa y fabricada por Optical Cable. Hay varios tipos y varían dependiendo del número de hilos, número de Modos, tipo de índice del núcleo, resistencia mecánica y protección externa. Se usan particularmente la serie Breakout Cable (BX). Los conectores y módulos varían según los equipos activos de red que se utilicen.

Se conoce que la fibra monomodo tiene mayor alcance en distancia que la fibra multimodo, pero como desventaja los equipos terminales, como los módulos y convertidores de fibra son más costosos. Por ello se tomó como determinación que todos los enlaces que superen los 500 m se harán con fibra monomodo (SM) y aquellos enlaces que no superen esta distancia se harán con fibra multimodo (MM). La fibra monomodo 12 hilos 9/125 μm de la casa fabricante Optical Cable tiene un costo por metro¹⁸ de unos 8,17 \$, y la fibra multimodo de esta misma casa fabricante 62,5/125 μm de índice gradual cuesta 10,1 \$. Además se deben considerar costos de canalización, así como instalación. Estos canalizados incluyen:

- Canalizado interno: Bandejas de acero (35 \$/m), Innerduct (2,1 \$/m).
- Canalizado con postes: Postes espaciados cada 50m (38,06 \$/m), guaya y protección (5 \$/m).

¹⁸ Los precios fueron tomados del SAP de la empresa, del departamento de Compras-SIDOR y Coordinación de Proyectos de Energía Eléctrica-SIDOR

- Canalizado haciendo bancadas de concreto: hacer bancadas de concreto (120,39 \$/m), Innerdutc (2,1 \$/m).
- Canalizado por tanquillas y/o sótanos: Costos de des-soldar tapas de tanquillas telefónicas (estimado 5 \$/m), Innerdutc (2,1 \$/m).

En la Tabla N° 6 se muestran los precios de la fibra óptica incluyendo canalizaciones.

Tabla N° 6: Precios de fibra óptica

Tipo de Fibra Tipo de Canalización	Monomodo 4h (US\$/m)	Monomodo 12h (US\$/m)	Multimodo 8h (US\$/m)	Multimodo 12h (US\$/m)
Canalizado interno (bandejas de acero)	40,50	45,27	44,67	47,20
Canalizado con Postes de 4m	46,46	51,23	50,63	53,16
Canalizado haciendo bancadas de concreto	125,89	130,66	130,06	132,59
Canalizado por tanquillas y/o sótanos	10,50	15,27	14,67	17,20

Nota: El costo de instalación en tanquillas telefónicas es de 1,5 \$/m

Para el cálculo de las distancias, se dibujó el tendido de fibra sobre el plano de tanquillas telefónicas de SIDOR “Disposición General de SIDOR Red Telefónica”, realizado en AutoCad™ y dibujado a escala real; y usando la herramienta de AutoCad “Distancia” se mide directamente sobre el trazado de fibra (ver Anexo-Mapas).

Tabla N° 7: Distancias y Costos de enlaces de fibra óptica

Enlaces	Canaliza interno	Usando Postes	Hacer bancada	Por tanquilla	Pares necesarios	Tipo de Fibra	Costo (\$)
PR3-SISI				2.961m	2 Pares	SM 12 hilos	45.210
Graver-SISI				2.190m	2 pares	SM 12 hilos	33.444
PSA4-SISI				1.212m	*1 par	SM 4 hilos	12.726
PR2-TT-34-14				554m	2 pares	SM 12 hilos	8.460
PR2-RHCL			80m		2 pares	MM 8 hilos	10.405
PR2-Vapor				183m	2 pares	MM 12 hilos	3.148
Vapor -Aire 2				73m	1 Par	MM 12 hilos	1.256
Air 2 - Hid 1	50m			160m	4 pares	MM 12 hilos	5.112
Hid 1 - Hid 2	128m			157m	3 pares	MM 12 hilos	8.742
Hid 2-GNA	130m	262m		43m	3 pares	MM 12 hilos	20.805
Demi -PR2				227m	1 par	MM 8 hilos	3.330
Aire 3- PSA3				180m	3 pares	MM 8 hilos	2.641

*Nota 1: Este tramo ya tienen fibra pero sin disponibilidad de hilos para el Nivel de Fluidos. Los costos que se presentan en la Tabla N° 7 contemplan solo el tendido de la fibra excluyendo equipos y/o elementos como conectores y empalmes (bien sean mecánicos o de fusión por arco eléctrico). En ningún caso se considera último tramo (cableado vertical), esto significa; solo se calcula la distancia de fibra hasta un punto en el edificio donde se ubique la sala eléctrica.

4.2 Sistema Inalámbrico:

La solución inalámbrica propone la utilización de equipos con soluciones punto-punto y soluciones punto-multipunto. En el mercado hay una amplia gama de estos equipos cuya diferencia radica principalmente en el alcance o distancia máxima de transmisión garantizada y ancho de banda para la transmisión de datos.

En la banda de 2.4 Ghz y 5.8 Ghz (no requieren licencia para su uso), podemos encontrar equipos bajo la tecnología de Spread Spectrum u otras técnicas de acceso al medio (TDD), que manejan velocidades del orden de los 10 Mbps a 100 Mbps, compatibles con las redes LAN Ethernet y de baja potencia generando bajas interferencias a otros sistemas. Cabe destacar que estos enlaces exigen línea de vista para su operación.

La empresa no tiene un fabricante en específico, pero se recomiendan los equipos bajo el estándar IEEE 802.11. Conociendo que las plantas que se quieren interconectar todas están en línea de vista para su enlace, que el costo de estos equipos en el mercado es relativamente económico y además son equipos de muy fácil instalación, se presentan dos alternativas de equipos inalámbricos como referencia a los varios fabricantes existentes con similares características.

El diseño a cumplir para los enlaces inalámbricos está propuesto en la Figura N° 42:

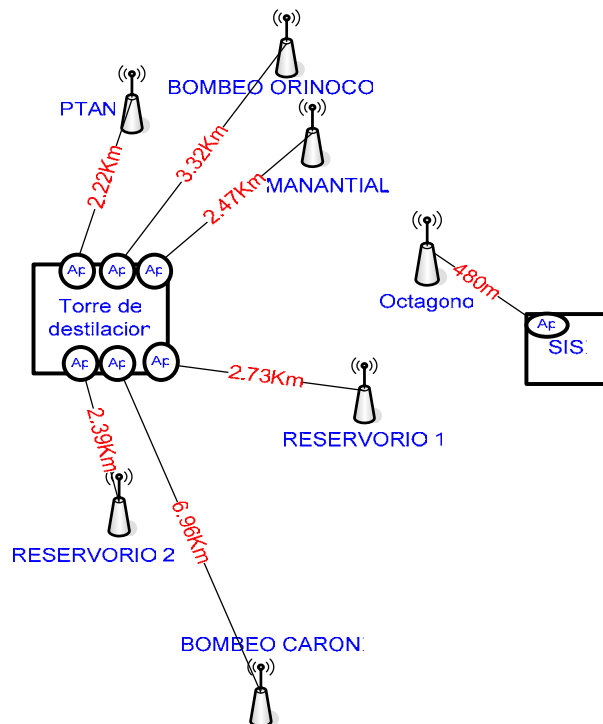


Figura N° 42: Conexión lógica de los enlaces inalámbricos propuestos

4.2.1 Equipos inalámbricos propuestos:

NETKROM: Airtel 54 Mb Cpe Bridge:

El kit punto a punto Airtel 54 Mb Cpe Bridge es un sistema Ethernet Bridge inalámbrico de excelente rendimiento el cual crea un puente de red (bridge) inalámbrico transparente entre dos redes. El bridge es transparente ya que las lan's parecen estar conectadas conjuntamente como si se tratara de una conexión ethernet cableada. Incluye todo lo necesario para conectar dos lan's inalámbricas o cableadas a distancias desde 0 a 10 millas (0 a 16 km).

- **AIR-PTPCPE500G:** Kit de corto alcance (4,8 km) 2.4 GHz CPE Bridge Punto a Punto
- **AIR-PTPCPE500GH:** Kit de mediano alcance (16 km) 2.4 Ghz CPE Bridge Punto a Punto

Este Kit (Figura N° 43) viene incluido con: (2 unidades) Airtel 54 Mb CPE Bridge con sistema Power Over Ethernet, (2 unidades) Montura Universal con Mástil, (2 unidades) 75 m de cable calificado CAT 5e protegido para uso externo y (2 unidades) fuentes POE.



Figura N° 43: Equipos Netkrom: Air 54Mb CPE Bridge

Se interconectarán a la Red de Fluidos vía inalámbrica las siguientes plantas: Octágono-SISI, PTAN-CD (Columna de destilación), Caroní-CD (conexión principal y RDD), Orinoco-CD, Manantial-CD, Reservorio 1-CD Y reservorio 2-CD. Todos los enlaces son punto a punto. Esto para aumentar la confiabilidad de cada uno de ellos. Los equipos y sus costos se presentan en la Tabla N° 8.

Tabla N° 8: Costos de los equipos Netkrom

Equipos	cantidad	Costos (\$)	Observaciones
Air-PTPCPE500G	1	549 \$ c/u	Antena de 14 dBi; $P_T = 19\text{dBm}$
Air-PTPCPE500GH	7	649 \$ c/u	Antena 19 dBi; $P_T = 19\text{dBm}$

Costo Total= 5.092 \$ Se debe agregar costos de envío y nacionalización (35-40% agregado).

TRANGO: Access5830 Wireless Broadband Ethernet

El Banda-Dual Access5830 es un muy versátil y eficaz al aire libre en soluciones punto a multipunto. El Access5830 entrega 10 Mbps inalámbricos, y opera en la banda no licenciada de los 5.8 Ghz. Hay variedad de unidades del subscritor que son compatible con el Access5830, entre ellos la nueva serie de Trango, los FOX 5800. Con 60° de *beamwidth* en la antena, se puede cubrir 360° grados usando 6 APs

(access point). Para evitar las interferencias, la antena de doble polarización y la multicanalización (6 canales de 20 Mhz C/u), ambas seleccionadas por software, permiten que se minimice esta posibilidad entre dos unidades suscriptoras alineadas en la misma dirección.

Fox5800: La unidad suscriptor TrangoFOX™ se enlaza con la plataforma de banda ancha inalámbrica del Access5830. Esta unidad suscriptor entrega 10 Mbps a una distancia de 4 millas (esto con antena integrada de 15dBi) y 10 millas con un reflector parabólico de 25 dBi. En la Figura N° 44 se muestran los equipos Trango.



Figura N° 44: Trango: Access5830, Fox5800 y Fox5800 con antena reflectora

Se interconectarán a la Red de Fluidos vía inalámbrica las siguientes plantas: Octágono-SISI, PTAN-CD (Columna de destilación), Caroní-CD enlace principal y redundante, Orinoco-CD, Manantial-CD, Reservorio 1-CD, y reservorio 2-CD.

En la Tabla N° 9 se muestran los equipos necesarios y sus costos.

Tabla N° 9: Costos de equipos Trango.

Equipos	cantidad	Costos (\$)	Observaciones
Fox 5800	8	469 \$ c/u	Suscriber Units. Antena de 15 dBi
Access5830	5	1.095 \$ c/u	Access Point. Antena de 14 dBi
AD5800	2	100 \$ c/u	Antena Reflectora de 25 dBi

Costo total= 9.427 \$. Se debe agregar costos de envío y nacionalización. (35-40% agregado)

4.2.2 Levantamiento de los perfiles inalámbricos:

Se levantaron los perfiles de los enlaces inalámbricos usando como herramienta de simulación el programa ONDAS.

Ondas V-1.0, es un software destinado a la realización de los cálculos básicos involucrados en un enlace radioeléctrico a frecuencias de microondas. Los métodos y algoritmos de cálculo que se utilizan en el programa Ondas V-1.0 fueron extraídos de los Informes y Recomendaciones del CCIR.

La evaluación de los enlaces se realizó con dos criterios, el primero orientado al cálculo de la altura de las antenas y el segundo, al balance de potencia para estimar la potencia recibida, la disponibilidad del enlace y el margen de desvanecimiento posible para cada enlace. Esto se hizo con las dos propuestas de equipos inalámbricos. Se considero que un enlace es factible cuando:

- La altura de las antenas es tal que el porcentaje de despeje de la primera zona de Fresnel para un índice troposférico de 1,33 es mayor o igual a 100%.
- La potencia recibida es mayor a la sensibilidad del equipo receptor. No se tiene un criterio para el margen de desvanecimiento (se recomienda un valor por encima de 15 dB).

Consideraciones hechas para los enlaces inalámbricos:

- Se tomó la polarización vertical para las antenas ya que conduce a un coeficiente de reflexión menor que la polarización horizontal.
- El despeje de la primera zona de fresnel se puede constatar directamente con los dibujos de los perfiles inalámbricos dados por el programa ONDAS.
- No se hizo ningún estudio de diversidad en espacio y/o frecuencia debido a las cortas distancias en las que se establecen los enlaces. Para distancias menores de 10 km los desvanecimientos por multitraectoria son menores a 10 dB. Se tomó tipo de clima costero.

Se utilizaron dos planos de SIDOR para el levantamiento de la información necesaria para la simulación de los perfiles en el programa ONDAS. Uno, un mapa de relieves de escala 1:5.000 con cotas de nivel cada 5 m [28], y un mapa digital en AutoCad de escala 1:10.000 con cotas de nivel cada 5 m, dibujado a escala real. [29]

4.2.2.1 Perfiles para equipos Netkrom: Los dibujos de los perfiles están en los Anexos-Perfiles. En la Tabla N° 10 se muestran los balances de potencia.

Parámetros de la simulación:

- Potencia del Transmisor= 19 dBm para todas las plantas
- Sensibilidad del receptor= -73.0dBm a 54Mbps; -97dBm a 6Mbps
- Antenas transmisora y receptora= 14 dBi para Octágono, 19 dBi para el resto.
- Frecuencia= 2400.0 Mhz
- Factor de radio ficticio, K= 1.333
- Polarización= vertical
- Pérdidas adicionales del sistema= 1.0 dB
- Coeficiente de reflexión= 0.6
- Densidad del vapor de agua=12 gr/m³
- Modelo para desvanecimiento= Morita
- Tipo de clima según modelo de desvanecimiento= Costero
- Índice pluviométrico durante el 0,01% del tiempo= 50 mm/h

Tabla N° 10: Balances de potencia; resultados del simulador Ondas, Netkrom

Plantas	Altura de las antenas (m).	Perdidas de espacio libre	Potencia recibida	Margen de desvaneci.	Margen desv. Para 6 Mbps	Disponibilidad del enlace
Caroní	Tx:70; Rx: 60	117 dB	(-61,0)dBm	12,0 dB	36 dBm	99,9996%
Orinoco	Tx:12; Rx: 60	110,5 dB	(-54,5)dBm	18,5 dB	42,5 dBm	99,9998%
Reser. 1	Tx:3; Rx: 60	108,8 dB	(-52,8)dBm	20,2 dB	44,2 dBm	99,9999%
Reser. 2	Tx:3; Rx: 60	107,7 dB	(-51,7)dBm	21,3 dB	45,3 dBm	99,9999%
Octágo.	Tx:6; Rx: 6	94,1 dB	(-48,1)dBm	24,9 dB	48,9 dBm	99,9999%
PTAN	Tx:3; Rx: 60	107 dB	(-51,1)dBm	21,9 dB	45,9 dBm	99,9999%
Manant	Tx≥6; Rx: 60	108,0 dB	(-52)dBm	21 dB	45 dBm	99,9999%

Nota: En el Apéndice C se muestra un cálculo tipo de los balances de potencia.

En la Tabla N° 10 Los márgenes de desvanecimiento no son muy amplios para el caso de una velocidad de transmisión de 54 Mbps. En este caso hay enlaces que no se cumplen con la recomendación dada de cómo mínimo 15 dB (Bombeo Caroní), pero a una velocidad de 6 Mbps se puede notar lo aceptable que resultan los enlaces usando equipos Netkrom.

4.2.2.2 Perfiles para equipos Trango:

Parámetros de la simulación:

- Potencia del Transmisor= 36dBm (EIRP Max) para todas las plantas y 46 dBm (EIRP Max) para Caroní. Para la simulación se colocara $P_{Tx}=20$ dbm ya que $EIRP=P_{Tx} + G_a$ (15 y 25 dBm) - Perdidas adicionales (1.0 dB).
- Sensibilidad del receptor (umbral de recepción) = -83.0 dBm
- Antena transmisora= 15dBi para todas las plantas y 25i dB para Caroní
- Antena receptora= 14 dBi para todas las plantas.
- Frecuencia= 5800.0 Mhz
- Factor de radio ficticio= 1.333
- Polarización= vertical
- Pérdidas adicionales del sistema= 1.0 dB
- Coeficiente de reflexión= 0.6
- Densidad del vapor de agua=12 gr/m³
- Modelo para desvanecimiento= Morita
- Tipo de clima según modelo de desvanecimiento= Costero
- Índice pluviométrico durante el 0,01% del tiempo= 50 mm/h

En la tabla N° 11 se presentan los balances de potencias usando equipos Trango, donde se observa que el margen de desvanecimiento se ajusta a la recomendación ($M_d > 15$ dB). Orinoco tiene un $M_d= 14,8$ dB muy cercano a la recomendación.

Tabla N° 11: Balances de potencia; resultados del simulador Ondas, Trango

Plantas	Altura de las antenas (m).	Perdidas de espacio libre	Potencia recibida	Margen de desvaneci	Disponibilidad del enlace
Caroní	Tx:70; Rx: 60	124,6 dB	(-64,6)dBm	18,4 dB	99,9941%
Orinoco	Tx:12; Rx: 60	118,2 dB	(-68,2)dBm	14,8 dB	99,9996%
Reser. 1	Tx:3; Rx: 60	116,5 dB	(-66,5)dBm	16,5 dB	99,9997%
Reser. 2	Tx:3; Rx: 60	115,3 dB	(-65,4)dBm	17,6 dB	99,9997%
Octág.	Tx:6; Rx: 6	101,8 dB	(-51,8)dBm	31,2 dB	99,9999%
PTAN	Tx:3; Rx: 60	114,7 dB	(-64,7)dBm	18,3 dB	99,9998%
Manant	Tx≥6; Rx: 60	115,6 dB	(-65,6)dBm	17,4 dB	99,9998%

4.3 Modem y Par Telefónico:

Los pares telefónicos representan una buena solución para transmitir data de algunas de las plantas de fluidos industriales. Como desventaja de esta plataforma, tenemos que el *hardware* involucrado y las líneas telefónicas para estas plantas presentan déficit; por lo tanto esta aplicación fué asociada como solución redundante a las plantas.

Se realizó el diagrama unifilar de comunicaciones de la red telefónica de fluidos industriales en donde se indica las cajas y armarios de distribución principales y secundarios próximos a las plantas de Fluidos Industriales que se van a interconectar a través de las Red telefónica de SIDOR. Estas plantas son: Octágono, Bombeo Orinoco, Manantial, PTAN, Reservorio 1 y PR3. El caso de Reservorio 2 no se incluye ya que su conexión será con la red telefónica de CANTV. También se incluyen los modems que actualmente están conectados al SISI como son: Acería de Palanquillas, Acería de Planchones Planta de Pellas, Tren de Barras y Alambrón, Midrex II y HyL II. En la Figura N° 45 se presenta el diagrama unifilar de comunicaciones por modem de Fluidos Industriales.

Costos del Modem y pares telefónicos de las plantas de Fluidos Industriales.

Existe un Modem que ha sido probado en algunas aplicaciones en SIDOR es el Modem RAD¹⁹ ASM-10/8 de corto rango de una velocidad de 9.600 bps proveyendo

¹⁹ Modems fabricados por la empresa RAD Data Communication.

distancias de hasta 13Km sobre cable 24 AWG. Este equipo resulta adecuado para las aplicaciones de estas plantas.

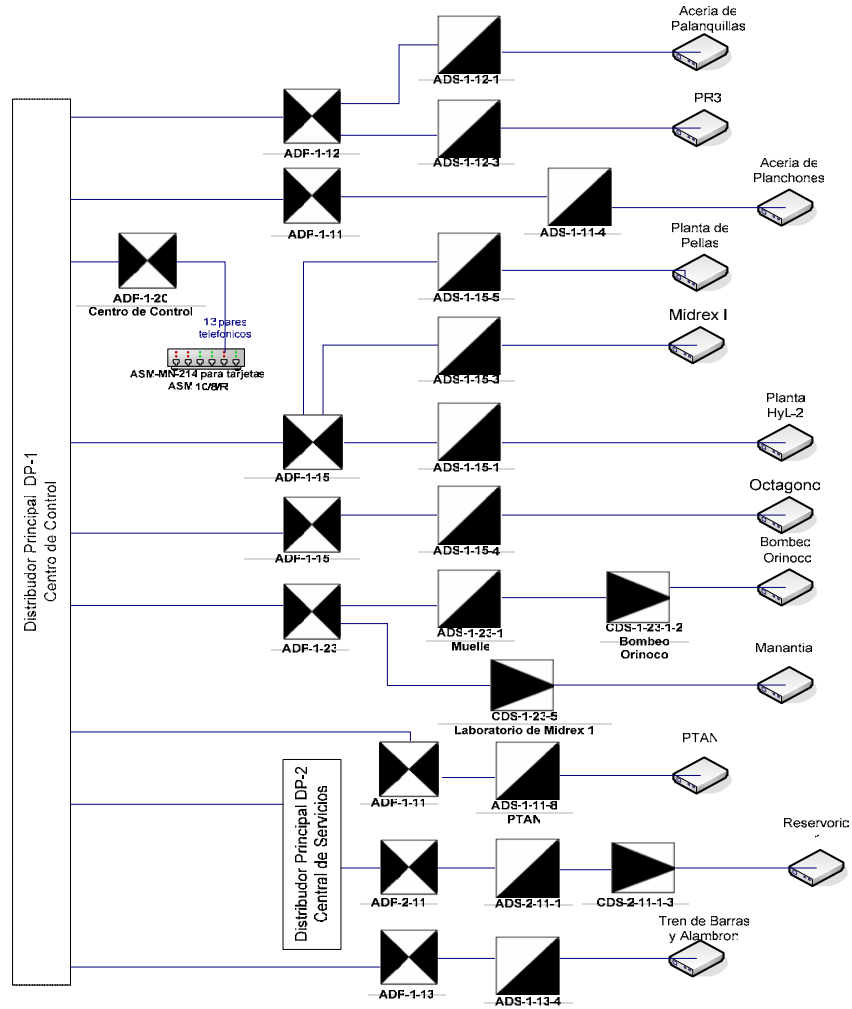


Figura N° 45: Diagrama unifilar de comunicaciones telefónicas de Fluidos.

El costo del modem RAD ASM-10/8 es de 405 \$. Cabe destacar que la conexión telefónica demanda pares disponibles y dedicados para la conexión. Para las plantas Octágono, Bombeo Orinoco y PR3 se cuenta con disponibilidad de pares. Para el caso de PTAN, Manantial y Reservorio 1 y 2 no se cuenta con pares dedicados libres. Se conoce que el precio del par de cobre es de unos 7 \$/m e incluye unos 10 pares de cobre calibre 24 AWG con su protección y guaya. A esto se le deben agregar los

costos de hacer canalizaciones para las plantas donde no hay tendido telefónico. El costo de un poste para este fin es de unos 1860 \$.

Solo se conoce el costo aproximado de colocar pares telefónicos de la Planta Manantial que es de unos 13.700 \$. Esto contempla el tendido de un cable 24 AWG sobre postes de acero cada 50 m desde la CDS 1-23-5 ubicada en el laboratorio de Midrex I, hasta la planta Manantial.

5. Análisis de Criticidad de la Red de Automatización de Fluidos Industriales

Luego de conocida la Red, se hizo un estudio de Confiabilidad Operacional de la misma. Este estudio de Confiabilidad Operacional se basa en el análisis de criticidad de los equipos y sistemas que conforman la red. Lo que se desea es poder conocer cuales son los equipos que más fallan y en base a esos equipos cuales son los nodos o plantas mas criticas de la Red de Fluidos Industriales.

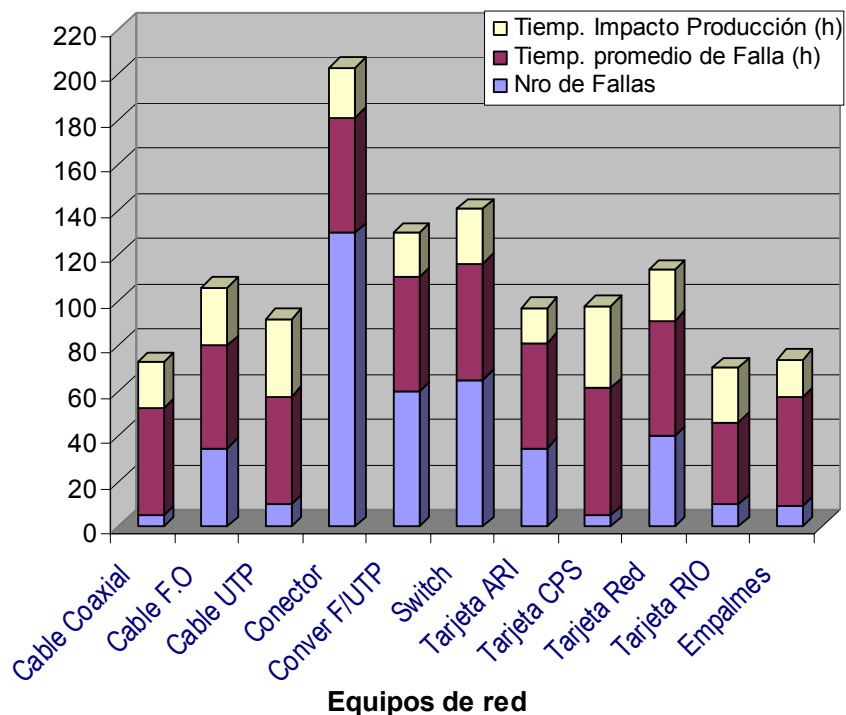
Equipo natural de trabajo: Para el desarrollo de un análisis de Criticidad es fundamental la conformación de un equipo natural de trabajo. Está integrado por el grupo de personas que aportan información de experiencia, y criterio para que dicho análisis de criticidad sea adecuado, óptimo y preciso.

Nuestro equipo de trabajo lo conforman; el Ing. Gabriel Colina (Jefe del departamento de Fluidos), el Ing. Eduardo Silva (Jefe de Mantenimiento de Fluidos) y el Ing. José León (Líder del Grupo Técnico), todos conocedores del tópico y con suficiente experiencia en mantenimiento de equipos.

Registros de fallas: Se contó con una amplia base de datos de registros de fallas por equipos que conforman una red de automatización y que están registradas en el SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos) desde el año 2000 hasta el año 2005. Esta información, proviene de los reportes de fallas que han sido descargadas en este

sistema con el número de fallas por equipos, tiempos de reparación de dichas fallas y si ocurrió o no afectación de la producción.

Los datos de las fallas de los equipos de red, que se exponen en la Figura N° 46, son pertenecientes a distintos eventos ocurridos en varias áreas de SIDOR entre las que están: Hornos de Planchones, Laminación en Caliente, Midrex I, Tandem I, PSA4, y Acería de Palanquillas.



Equipos de red
Figura N° 46: Registros de fallas de equipos²⁰

5.1 Criticidad por equipos de Red:

Se hizo este cálculo, para determinar en base a los registros de fallas obtenidos, cual o cuales equipos son los más críticos en una red de datos. Los parámetros de la tabla N° 12, son dados por el registro de fallas mostrados en la Figura N° 46. Por costo de reparación es tomado el precio de compra del equipo/elemento.

²⁰ La tabla con el resumen de las fallas se encuentra en el Apéndice A, Tabla N° 18

Tabla N° 12: Parámetros de los registros de fallas

Equipos	N° Fallas	% Fallas	T. Falla (min)	T. Prod (min)	Costo de Rep. (\$)
Cable Coaxial	5	1,2	47,6	20,2	0,49/m*
Cable F.O	35	8,7	45,4	25,3	80,0*
Cable UTP	10	2,5	47,9	34,1	1,12/m*
Conector	130	32,2	50,9	22,1	4,56
Conver F/UTP	60	14,9	50,6	19,6	330,00
Switch	65	16,1	51,5	24,2	2.057,31
Tarjeta ARI	35	8,7	46,5	15,5	793,03
Tarjeta CPS	5	1,2	56,4	36,4	454,33
Tarjeta de Red	40	9,9	51,1	22,7	152,00
Tarjeta RIO	10	2,5	36,4	24	793,03
Empalmes	9	2,2	48,3	16,7	80

*casos especiales:

- Cable Coaxial: Se presume cambio completo del cable y se toma el tramo más largo considerado. Se toma una promedio de 100 m.
- Cable UTP: Se considera cambio del cable. Se tomo un promedio de 20 m.
- Fibra Óptica: Para la fibra se calcula como costo de reparación la realización de empalmes por fusión de arco eléctrico.

En la Tabla N° 13 se presenta la Guía de Criticidad. Ésta se elabora tomando las variables dadas por la Tabla N° 12 y ponderando de manera de cumplir con el criterio establecido en la teoría de la criticidad²¹.

Tabla N° 13: Guía de Criticidad

1	Frecuencia de Falla = Número de Fallas del equipo/elemento	Puntuación
	Menores a 25 fallas	1
	Entre 25 y 50 fallas	1,5
	Mayores a 50 fallas	2
2	Impacto en la producción = Indica si hubo o no Impacto en producción y viene dado por el tiempo promedio de impacto en producción	
	No hubo impacto en producción; TPIP < 20min	70
	Si hubo Impacto en producción; TPIP > 20min	80
3	TPPR = Tiempo promedio para reparar el equipo/elemento y viene dado por el tiempo promedio que dure la falla.	
	Tiempo de Falla Menor a 45min	20
	Tiempo de Falla Entre 45 y 50min	40

²¹ La distribución normal de validación de la Guía de Criticidad puede apreciarse en el Apéndice A, Figura N° 50.

Continuación de la Tabla N° 13: Guía de criticidad por nodo de red

	Tiempo de Falla Mayor a 50min	60
4	Costo de reparación: Costos de reparación o cambio de equipo de Red	
	Menor a 500 dólares	20
	Entre 500 y 1000 dólares	40
	Mayor 1000 dólares	60
5	Impacto en Seguridad Personal= Si hay o no lesiones a personas	
	SI	100
	NO	0
6	Impacto Ambiental= Si hay o no deterioro ambiental	
	SI	50
	NO	0

Tomando las ponderaciones de la Guía de Criticidad (Tabla N° 13), y usando la ecuación (15)-(16) se hace el cálculo de la criticidad por equipos de red. Los resultados se presentan en la Tabla N° 14 y en la Fig. N° 47.

$$CRITICIDAD = FF * [(TPPR * IP) + CR + IS + IA]$$

FF= Frecuencia de Falla

IP= Impacto en producción

TPPR= Tiempo Promedio para Reparar

CR= Costo de Reparación

IS= Impacto en Seguridad Personal

IA= Impacto Ambiental

Tabla N° 14: Criticidad por equipos de red

Equipo	FF	IP	TPPR	CR	IS	IA	Criticidad
Cable Coaxial	1	80	40	20	0	0	3.220
Cable F.O	1,5	80	40	20	0	0	4.830
Cable UTP	1	80	40	20	0	0	3.220
Conector	2	80	60	20	0	0	9.640
Conversor F/UTP	2	70	60	20	0	0	8.440
Switch	2	80	60	60	0	0	9.720
Tarjeta ARI	1,5	70	40	40	0	0	4.260
Tarjeta CPS	1	80	60	20	0	0	4.820
Tarjeta de Red	1,5	80	60	20	0	0	7.230
Tarjeta RIO	1	80	20	40	0	0	1.640
Empalmes	1	80	40	20	0	0	3.220

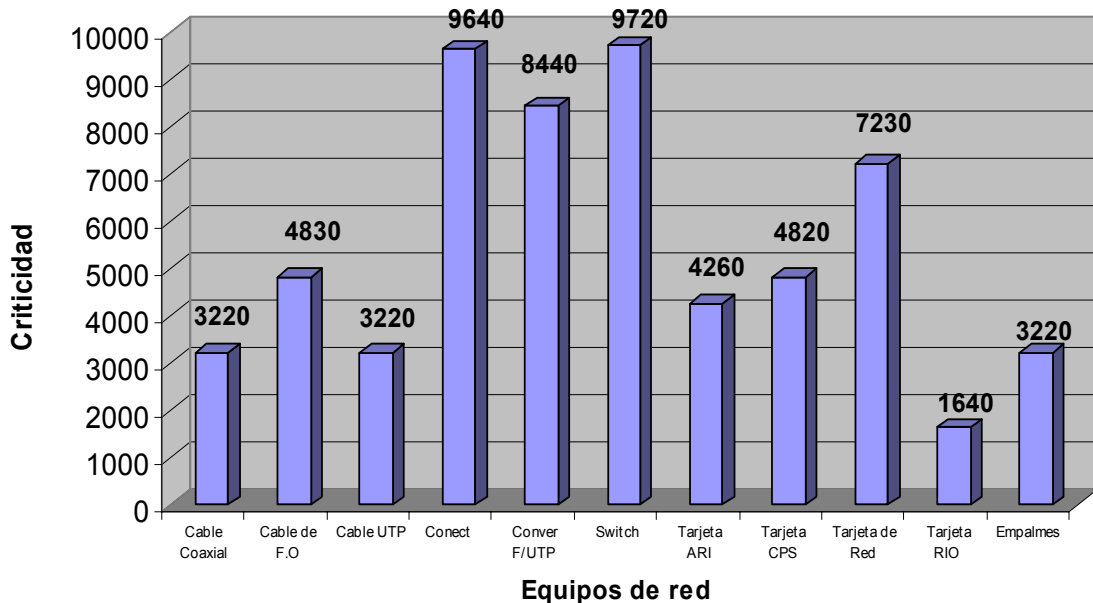


Figura N° 47: Criticalidad por equipos de red

Los resultados que se muestran en la Figura N° 47, evidencian que los equipos más críticos son los Switches y los conectores; y el menos crítico es la Tarjeta de comunicación RIO. Los Switches resultan ser los equipos más críticos debido a que su costos de reparación es el mas alto de todos (costo de cambio de un swtich 2000 \$). Los conectores resultan ser también altamente críticos dado que estadísticamente son los que mas fallan (por ruptura del Patch Cord, terminal sin contacto, conector roto, etc...). La tarjeta RIO resulta el elemento menos crítico debido a que presenta el menor tiempo promedio para reparar lo que indica que tiene el menor tiempo de falla.

5.2 Criticalidad por Nodo de Red

Se parte de la premisa que si se pierde la comunicación entre el PLC-Adquisidor o en muchos casos la visualización de las variables, se ocasiona un riesgo de falla en la operación de la planta o una posible parada del PLC que esta encargado de controlar el proceso industrial. La información aquí suministrada permite conocer qué enlace tiene mayor probabilidad de fallar de acuerdo a un estudio estadístico basado en los equipos que componen dicha Red, permitiendo determinar los correctivos necesarios para disminuir estos índices de falla.

Cálculo de probabilidad de Falla de cada Nodo de Red: Se refiere a la probabilidad que un enlace de red falle en los tramos PLC-Adq-Visualización; esto provocado por fallas de los elementos que componen estos enlaces. Se hará el cálculo siguiendo una distribución exponencial donde la probabilidad de falla se calcula con la expresión dada por la ecuación (7). En la Tabla N° 19 (Apéndice A) se muestra la probabilidad de falla de cada equipo/elemento de red.

Para ilustrar cómo se realiza el cálculo se tomara el ejemplo de **Bombeo Orinoco**. Estos bloques representan la confiabilidad en serie, de las topologías de red dispuestas o propuestas en cada una de las plantas de Fluidos Industriales. No se considera ningún camino paralelo de la información²². En la Figura N° 48 se muestran los equipos/elementos que intervienen en el flujo de datos entre Bombeo Orinoco y SISI.

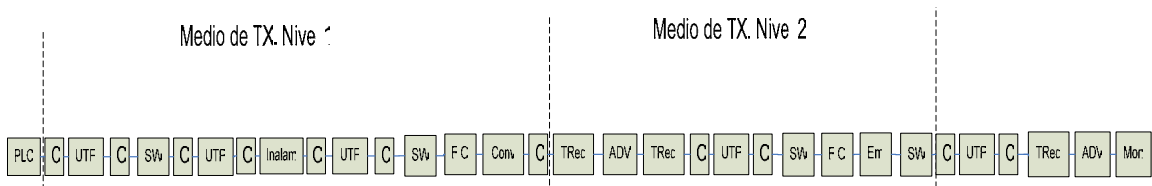


Figura N° 48: Flujo de datos entre Bombeo Orinoco-SISI

Haciendo reducción de bloques se llega a la expresión definida por las confiabilidades en serie de los elementos de Red. Esta expresión se muestra en la ecuación (17).

$$Orinoco = C^{11} \cdot UTP^5 \cdot Sw^4 \cdot FO^2 \cdot Em \cdot Conv \cdot TR^3 \cdot A^2 \dots\dots\dots (17)$$

- Donde; C= Confiabilidad de un Conector
- UTP= Confiabilidad del Cable UTP
- Sw= Valor de confiabilidad del Switch
- FO= Valor de confiabilidad de la Fibra Óptica
- Conv= Valor de confiabilidad del Conversor F/UTP
- Em= Valor de la confiabilidad de los empalmes
- A= Valor de confiabilidad de la fuente de poder del computador Industrial Advantech dada por el fabricante. TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas) = 91.000 horas
- TR= Valor de confiabilidad de la Tarjetas de Red.

²² En el Apéndice B, se muestra el cálculo de la confiabilidad tomando en cuenta caminos redundantes.

Tomando los valores de confiabilidad por equipos de la tabla N° 19 (Apéndice A) y usando la ecuación (17) tenemos:

Orinoco = 0,9627. Esta es la confiabilidad lineal del enlace Bombeo Orinoco-SISI

En la Tabla N° 15 se muestran los resultados de los cálculos de probabilidad de falla y confiabilidad de los tramos PLC-Adq-Visual.

Tabla N° 15: Resultados de las confiabilidades de los Tramos PLC-Adq-Visualiz.

Plantas	Confiabilidad lineal	Probabilidad de Falla	% de Prob. Fallas
Bombeo Caroní	0,9627	0,03734	3,7
Bombeo Orinoco	0,9627	0,03734	3,7
Reservorio 1	0,9627	0,03734	3,7
Reservorio 2	0,9627	0,03734	3,7
Manantial	0,9627	0,03734	3,7
PTAN	0,9608	0,03924	3,9
Octágono	0,9638	0,03617	3,6
PR2	0,9713	0,02871	2,9
PR3	0,9728	0,02719	2,7
Vapor	0,9694	0,03056	3,1
Desmineralizadora	0,9694	0,03056	3,1
Cromo	0,9690	0,03102	3,1
RHCL	0,9694	0,03056	3,1
Graver	0,9711	0,02888	2,9
Marley	0,9705	0,02952	3,0
Permutit	0,9705	0,02952	3,0
PSA3	0,9728	0,02719	2,7
PSA4	0,9730	0,02703	2,7
PSA5	0,9676	0,03238	3,2
PSA5	0,9623	0,03771	3,8
Aire 2	0,9653	0,03474	3,5
Aire3	0,9710	0,02904	2,9
GNA	0,9708	0,02921	2,9
Hidrógeno 1	0,9671	0,03290	3,3
Hidrógeno 2	0,9689	0,03106	3,1
Hidrógeno 3	0,9671	0,03290	3,3
SISI	0,9750	0,02501	2,5

Tabla de Impactos en producción: Para hacer un cálculo estimado del impacto en producción que genera una falla en la red de automatización se debe cuantificar los costos que ocasiona la detención de su actividad productiva, lo que acarrea

suspensión de la producción en otras áreas que dependen directa o indirectamente de este servicio industrial. Se cuantificó este impacto con la opinión del equipo natural de trabajo²³.

Tiempo Promedio Para Reparar (TPPR): $TPPR = TMRE + TTPF + TRS$; Donde:
 TMRE= tiempo máximo de reparación de equipo (se toma el máximo de la tabla de parámetros de fallas), TTP= tiempo de traslado a planta en falla (estimado), TRS= tiempo de restablecimiento de servicio (estimado)²⁴.

Costos de Reparación: Se calcularán los costos de reparación como el número de equipos que conforman la red de adquisición de cada planta, multiplicado por el porcentaje de falla de estos equipos, por el precio de mercado de los mismos. Se tomó este cálculo de esta manera (considerando el porcentaje de fallas dado en la Tabla N° 12).

$$CR = N^{ro} Conec * \%Falla * Precio + N^{ro} Sw * \%Falla * Precio..... (18)$$

Sucesivamente se incluyen todos los equipos que estén en serie con el flujo de la información en la red de datos entre PLC-Adq-Visualización de cada Planta. Estos costos excluyen los equipos/elementos que estén en paralelo por considerar que si uno de los elementos que esta en uno de los tramos en paralelo falla, ya se considera que el sistema está en falla y que se debe reparar inmediatamente. Tampoco se incluye que dos equipos fallen simultáneamente. Para determinar el número de equipos dispuestos para cada enlace de las plantas, se toman los diagramas de bloques de los elementos en serie con el flujo de la información, se cuentan por el tipo de elemento y usando la ecuación (18) se determinan los costos de reparación²⁵.

En la Tabla N° 16 se presenta la Guía de criticidad por Nodo de Red²⁶.

²³ Las tablas de impactos en producción están en el Apéndice A; Tabla N° 20 y Tabla N° 21

²⁴ La tabla de TPPR esta en el Apéndice A, Tabla N° 22

²⁵ Los costos de reparación por equipos que integran la red se muestran en el Apéndice A, tabla N° 23

²⁶ La curva de validación de la Guía de Criticidad por nodo se muestra en el Apéndice A; Fig. N° 51.

Tabla N° 16: Guía de Criticidad por nodo de red

1	Probabilidad de Falla = Determinado por la probabilidad de que el Nodo Falle debido a la probabilidad de que sus elementos de Red fallen	Puntuación
	Menor o igual a 3% de fallas por hora	1
	Entre 3 y 3,5% de fallas por hora	1,5
	Mayor estricto a 3,5% de Fallas por hora	2
2	Impacto en la producción = Medido por perdidas económicas por hora	
	Perdidas menores a 10 mil dólares	30
	Perdidas entre 10 y 100 mil dólares	40
	Perdidas entre 100 mil y 500 mil dólares	50
	Perdidas entre 500 mil y 1 millón de dólares	60
	Perdidas entre 1 y 1,5 millones de dólares	70
	Perdidas mayores a 1,5 millones de dólares	80
3	TPPR = Tiempo de traslado a planta por equipo de reparaciones + Tiempo de reparación de falla de Red + Tiempo de reestablecimiento de Servicio.	
	Entre 1,5 y 2 horas	75
	Entre 2 y 3 horas	80
	Entre 3 y 4 horas	85
	Mayor a 4 horas	90
4	Costo de reparación: Costos de reparación o cambio de equipo de Red	
	Menor a 1000 dólares	20
	Entre 1000 y 2000 dólares	40
	Mayor 2000 dólares	60
5	Impacto en Seguridad Personal = Si hay o no lesiones a personas	
	SI	100
	NO	0
6	Impacto Ambiental = Si hay o no deterioro ambiental	
	SI	50
	NO	0

Tomando las ecuaciones (15)-(16) se procede a calcular la criticidad por nodo de red.

En la Tabla N° 17 y la Figura N° 49 presentan los resultados de la criticidad por nodo de red.

$$CRITICIDAD = PF * [(TPPR * IP) + CR + IS + IA]$$

Donde:

PF= Probabilidad de Falla

IP= Impacto en producción

TPPR= Tiempo Promedio para Reparar

CR= Costo de Reparación

IS= Impacto en Seguridad Personal

IA= Impacto Ambiental

Tabla N° 17: Criticidad por nodo de Red

Nodo	PF	IP	TPPR	CR	IS	IA	Criticidad
Bombeo Caroní	2	40	80	40	0	0	6.480
Bombeo Orinoco	2	40	75	40	0	0	6.080
Reservorio 1	2	70	70	40	0	0	9.880
Reservorio 2	2	80	75	40	0	0	12.080
Manantial	2	40	75	40	0	0	6.080
PTAN	2	40	75	40	0	100	6.280
Octágono	2	50	75	40	0	0	7.580
PR2	1	50	75	40	0	0	3.790
PR3	1	80	75	40	0	0	6.040
Vapor	1,5	50	75	40	0	0	5.685
Desmineralizadora	1,5	40	75	40	0	0	4.560
Cromo	1,5	30	75	40	0	100	3.585
RHCL	1,5	40	80	40	0	0	4.860
Graver	1	60	75	40	0	0	4.540
Marley	1	50	75	40	0	0	3.790
Permutit	1	40	75	40	0	0	3.040
PSA3	1	40	90	40	0	0	3.640
PSA4	1	80	90	40	0	0	7.240
PSA5	1,5	40	90	40	0	0	5.460
PSA6	2	40	90	40	0	0	7.280
Aire 2	1,5	50	70	60	0	0	5.340
Aire3	1	50	70	40	0	0	3.540
GNA	1	60	75	40	0	0	4.540
Hidrogeno 1	1,5	40	80	60	0	0	4.890
Hidrogeno 2	1,5	50	80	40	0	0	6.060
Hidrogeno 3	1,5	40	80	60	0	0	4.890
SISI	1	40	70	20	0	0	2.820

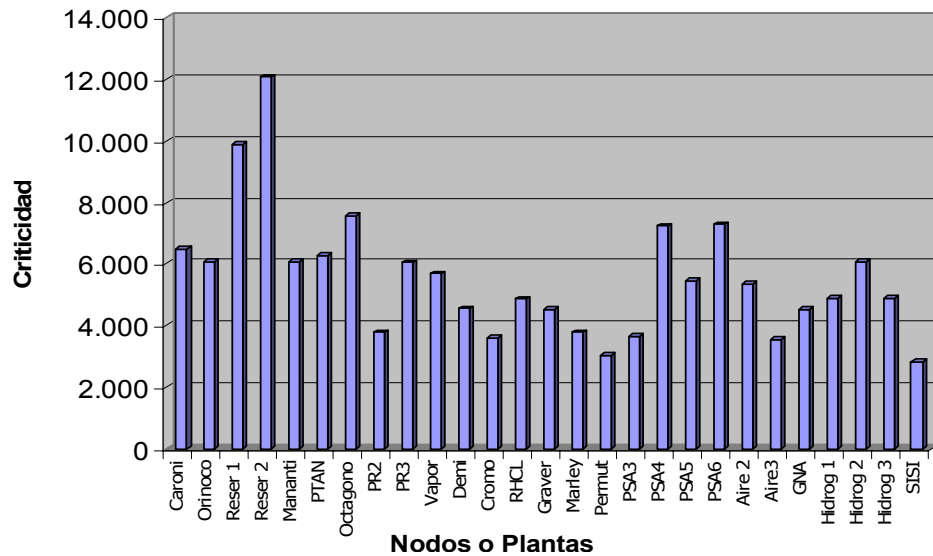


Figura N° 49: Criticidad por nodos de red

Se puede determinar en el gráfico anterior que la planta más crítica operacionalmente es Reservoirio 2 seguido de Reservoirio 1. Esto debido a que los mayores impactos de producción residen justo en los servicios que se generan de estas plantas, unido al más alto rango de probabilidad de falla del enlace. La planta o el nodo menos crítico resulta ser SISI; esto se debe a que tiene los menores costos de reparación y los mayores valores de confiabilidad de enlace de todas las plantas. Esto hace que sea la menos crítica operativamente.

Sin embargo cabe destacar que la mayoría de las plantas son de criticidad media, incluso baja; y solo el Reservoirio 1 y 2 tienen criticidad alta. Esto permite concebir la automatización de estas plantas para ser operadas remotamente. Las plantas PSA4, PSA3, PR2, PR3, Graver, Hidrógeno 1 y 2 cuentan actualmente con operación local, pero el resto de las plantas, no; por lo que la propuesta de operación remota desde el Centro de Control de SIDOR es perfectamente posible desde el punto de vista de Operaciones y Mantenimiento. El hecho de operar remotamente plantas como Reservoirio 1 y 2, conociendo que ambas son altamente críticas para el proceso productivo de SIDOR, demanda el desarrollo e instalación de su automatización con los equipos más confiables, teniendo como base el análisis de criticidad por equipos de red.

6. Estudio de Costos.

Se realizó un estudio económico de la inversión necesaria para poder incluir cada una de las plantas de fluidos, a la Red de Fluidos Industriales. Se incluyen costos de equipos/elementos de red (Switch, tarjetas de Red, adquisidores, conversores de medio, módulos de fibra, conectores, medios de transmisión, etc...) y de PLCs incluyendo los módulos o tarjetas necesarias para la automatización de las plantas que lo requieren. Los precios de los equipos/elementos fueron encontrados en el SAP de la empresa. Todos los precios se llevaron a bolívares teniendo como referencia un precio dólar de 2.150 Bs/US\$. Todos los costos se presentan en los Anexos-Costos.

De este estudio de costos se determinó una inversión total de 750 mil dólares lo que sin duda representa un impacto económico al departamento de Fluidos Industriales, pero considerando los beneficios obtenidos tales como optimización de recursos humanos, disminución en los tiempos de corrección de fallas por detección oportuna de variables fuera de sus parámetros, mayor eficiencia en los procesos de operación, supervisión y control de las plantas pertenecientes al sistema productivo de Fluidos; sin duda se afirma la factibilidad económica de la realización de dicho Diseño.

7. Diseño lógico completo de la red de automatización de Fluidos Industriales

Tomando en cuenta cada uno de los diagramas de lógicos diseñados para cada planta de Fluidos Industriales desde la Figura N° 13-35, teniendo la conexión por niveles lógicos de red (Nivel 1 y 2, Nivel de Mantenimiento) desde la Figura N° 36-41; se realizó el diagrama lógico completo de interconexión de todas las plantas de Fluidos Industriales. Esto se hizo con el software de dibujo “Visio²⁷” y se presenta en Anexos-Mapas.

²⁷ Paquete de dibujo de Microsoft Office Visio Profesional 2003

CONCLUSIONES

- El diseño propuesto representa la interconexión para los sistemas de supervisión y control de 26 plantas de Fluidos Industriales de SIDOR. El diseño planteó la centralización de la supervisión y el control de estas plantas en el edificio del Centro de Control de SIDOR.
- Este estudio demostró la posibilidad técnica de crear una red única de información de las plantas de Fluidos Industriales, permitiendo la coordinación eficiente entre ellas, la mejora de muchos procesos, la disminución de los tiempos de corrección de fallas, y la optimización de recursos humanos.
- La red por nivel de Fluidos es una red Gigaethernet conectada en su totalidad por fibra óptica.
- Se determinó que la topología física de la red es una configuración estrella extendida para con el Centro de Control, considerando medios redundantes para algunas plantas aumentando la confiabilidad de estas.
- Para la evaluación de los medios de transmisión inalámbricos se consideraron dos alternativas (equipos Trango y Netkrom). Ambas propuestas resultan adecuadas técnicamente para la implementación, por lo que la decisión de uno u otro equipo dependerá de instancias superiores (Costos-SIDOR, Gerencia de Automatización y Control de Procesos, etc...)
- Dado que SIDOR tiene un plan a largo plazo de instalar una red de control, un Backbone de automatización basada en el uso de fibra óptica, esta propuesta sirve tanto para la interconexión de las plantas de Fluidos Industriales como para el intercambio de datos entre el resto de las plantas involucradas en la operación

continua de SIDOR, por lo cual la infraestructura pasaría a formar parte del plan a largo plazo para la red de control.

- En el estudio de ancho de banda se determinó que las plantas con mayor flujo de datos son PSA4 y PSA3; sin embargo se demostró que los medios de transmisión y las velocidades de intercambio de datos en los tramos de nivel 1 y nivel 2 están sobredimensionados a la data que manejan.
- Se evidencia que hay plantas con operación local cuyos procesos hacen que no se piense en estas para ser operadas remotamente. Estas plantas son PSA4, PSA3, PR2 y PR3. La conexión de estas plantas es por nivel 2B; mas de gestión de operación y mantenimiento que de nivel 2A; interacción hombre-maquina para supervisión y control.
- Se determinó en el análisis de criticidad que las plantas más críticas son Reservoirio 2 y Reservoirio 1 y es debido a que estas plantas tienen los mayores impactos en producción y menor confiabilidad en el enlace de datos.
- La evaluación de los costos para la implementación del diseño, determinó una inversión total de aproximadamente 750 mil dólares que incluyen los costos de cambios internos necesarios en todas las plantas y de los medios de transmisión de interconexión. Esto es factible a implementar considerando la optimización de los sistemas involucrados.

RECOMENDACIONES

Se hacen las siguientes recomendaciones en base a los resultados obtenidos y el diseño realizado.

1. Implantar el diseño interconexión de datos de las plantas de fluidos por fases, en función de las necesidades y prioridades existentes, de esta forma se subdivide los costos de la inversión. Se recomienda comenzar con la automatización con Reservorio 1 y 2 y luego Bombeo Caroní. Actualmente un operador realiza una ronda por turno hasta los Reservorios para verificar los niveles de agua de los mismos, por lo que si estos niveles están bajos, va a la estación de Bombeo Caroní y prende de manera manual las bombas que alimentan estos reservorios. Al automatizar, se evita que estas acciones deban hacerse manualmente optimizando el proceso y el recurso humano.
2. Realizar la implementación del sistema inalámbrico utilizando la plataforma a base de productos Netkrom; recomendación basada en la comparación económica de las dos alternativas. Hacer convenios con los fabricantes para pruebas que permitan constatar el desempeño de estos equipos.
3. Estandarizar el Scada Ivision en todas las plantas, cambiando la versión del Ivision 3.2 sobre QNX 4.25 por la versión 4 sobre QNX 6.3. Esto permite que el modo de transmisión broadcast que se hace de tags desde los adquirentes hacia Nivel 2 sea selecto lo que reduce y clasifica de acuerdo a la necesidad de publicar o no un grupo de tags, evitando inundar la red de tags que no necesitan ser visualizados en otras islas o nodos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Networking and Emerging Optimization [en línea]. La Transmisión Analógica y Digital. <<http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Transda.html>> [Consulta: Abril, 2006].
- [2] Universidad Central de Venezuela. FTP Escuela de Ingeniería Eléctrica, Conceptos de propagación.
- [3] Certificated Cisco Networking Academy (CCNA). CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1, Capitulo 2, Topologías de Red.
- [4] Certificated Cisco Networking Academy (CCNA). CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1 Capitulo 2, Redes LAN; WLAN.
- [5] Certificated Cisco Networking Academy (CCNA). CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1, Glosario.
- [6] Certificated Cisco Networking Academy (CCNA). CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1, Suplemento sobre Cableado Estructurado.
- [7] Certificated Cisco Networking Academy (CCNA) [en línea]. CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1 Capitulo 2, Modelo TCP/IP.
- [8] Certificated Cisco Networking Academy (CCNA) [en línea]. CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1 Capitulo 6, Trama Ethernet.
- [9] Certificated Cisco Networking Academy (CCNA) [en línea]. CCNA 1: Conceptos básicos sobre networking v3.1 Capitulo 7, Tecnologías de Ethernet.

- [10] Modbus-IDA [en línea]. Modbus Application Protocol Specification. Pag. 2-5; <http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1a.pdf> [Consulta: Mayo, 2006].
- [11] Modbus-IDA [en línea]. Modbus Over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.0 Pag. 8, 13-14; <http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_01.pdf> [Consulta: Mayo, 2006].
- [12] Modbus-IDA [en línea]. Modbus Messaging On TCP/IP Implementation Guide. Pag. 9, 10; <www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0a.pdf> [Consulta: Mayo, 2006].
- [13] Modbus-IDA [en línea]. MB+ Planning And Installation Guide. Pag. 18-26; <[http://download.telemecanique.com/85256D9800508A23/all/852566B70073220C85256AAA004B9FB6/\\$File/31003525_k03_000_03.pdf](http://download.telemecanique.com/85256D9800508A23/all/852566B70073220C85256AAA004B9FB6/$File/31003525_k03_000_03.pdf)> [Consulta: Mayo, 2006].
- [14] Siderúrgica del Orinoco C.A. Estándar de Redes: Revisión (1.0). Especificaciones Técnicas de la Red Nivel 1 y 2. / Gerencia de Automatización y Control de Procesos.
- [15] GROUPE SCHNEIDER [en línea]. Serie TSX Quantum Automation. Presentacion de Quantum Hardware Reference Guide. <http://www.telemecanique.com/en/functions_discovery/index_fon5_fam11_aut_modi_conquantum.htm> [Consulta: Abril, 2006].
- [16] GROUPE SCHNEIDER [en línea]. Quantum NOE 771xx Ethernet Modules User Guide Version 4.0; Pag. 18, 22; <[http://www.telemecanique.com/85256D9800508A3B/all/852566B70073220C85256BB80050C8C1/\\$File/31001913_k01_000_04.pdf](http://www.telemecanique.com/85256D9800508A3B/all/852566B70073220C85256BB80050C8C1/$File/31001913_k01_000_04.pdf)> [Consulta: Abril, 2006].

[17] AUTOMATAS [en línea]. SCADAS. <www.automatas.org/redes/scadas.html> [Consulta: Mayo, 2006].

[18] Marcos E Rodríguez G. Introducción al SCADA-Ivision. Ingdesi de Venezuela C.A. 2002_p. 4-20.

[19] QNX [en línea]. RTOS QNX 4.25 y 6.3 <www.QNX.com> [Consulta: Junio, 2006].

[20] Preparado por el programa de investigaciones en energía (PRIEN) Universidad de Chile. *Confiabilidad de Sistemas Eléctricos*. Revista PROCOBRE, 1999, p. 13- 14

[21] Llatas Salvador, Isabel. *Notas del Curso de Confiabilidad*. Universidad Simón Bolívar. 2004, p. 18-30

[22] Matalobos, Angel Diaz. *Confiabilidad en Mantenimiento*, (Libro).--Caracas: Venezuela: Ed. IESA, 1992 p 19

[23] Ricardo Baeza G. José Rodríguez P. Juan L. Hernández S. *Evaluación de Confiabilidad de Sistemas de Distribución Eléctrica en Desregulación*. Revista de la Facultad de Ingeniería U.T.A (Chile). 2003, p. 4

[24] Engineering, Reliability And Management [en línea]. Optimización Del Mantenimiento, <www.ereliabilitym.com> [Consulta: Junio, 2006]

[25] Yañez M., Perdomo J., Gomez de la Vega H. *Ingeniería de Confiabilidad, Pilar Fundamental del Mantenimiento*. Reliability and Risk Management S.A. 2004, p. 11-12.

[26] SIDOR, C.A.; EL MODELO ORGANIZATIVO DEL MANTENIMIENTO EN SIDOR, Gerencia general de Mantenimiento y Servicios, 2.003.

[27] Antillano F, Olga E. *Diseño de la interconexión de los sistemas de control de las plantas de agua de SIDOR*, (Tesis)--Puerto Ordaz: Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, 2005, p. 112

[28] Layouts General: Plan de Privatización. / Posición técnica N° 20-605-00-3157 Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 1998.

[29] Layouts General: Plan IV. / Ubicación General de las Instalaciones de SIDOR, Plano N° 872-00-01-062; Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 1984.

BIBLIOGRAFÍA

Tesis:

- Antillano F, Olga E. Diseño de la interconexión de los sistemas de control de las plantas de agua de SIDOR. / Antillano Fuentes, Olga Elena (Tesis).-- Puerto Ordaz: Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, 2005.
- Sulbarán C, Kerimma A. Diseño del sistema de control y comunicación inalámbrica-radioenlace de cinco plantas de aguas de SIDOR. / Sulbarán Carmona, Kerimma Anaflor (Tesis).-- San Cristóbal: Universidad Nacional Experimental del Táchira, 2004.
- Colina F, Gabriel D. Modelo de aplicación del MCC al sistema de purificación de aire de la Planta Criogénica de Separación de Aire 4. / Colina Figueredo Gabriel David (Tesis).-- Caracas: Universidad Simón Bolívar, 2005

Manuales, Estándares y Layouts:

- Manual de Mantenimiento Nivel 1: Versión (1). Planta de Separación de Aire 4. / Gerencia de Automatización y Control de Procesos, Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2003._115 p.
- Manual de Operaciones: Versión (1). Sistema de Supervisión y Control (SCADA-Ivision) para Oxígeno IV. / Gerencia de Automatización y Control de Procesos, Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2003._40 p.
- Grupo de Estándares de Nivel 1: Especificación Técnica NIVEL 1 – PLC. / Gerencia de Automatización y Control de Procesos, Siderúrgica de Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2002._38 p.
- Estándar Nivel 2A: Estándar de Nivel 2A Normas y Procedimientos. / Gerencia de Automatización y Control de Procesos, Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2005._131 p.

- Estándar de Redes: Revisión (1.0). Especificaciones Técnicas de la red Nivel 1 y 2. / Gerencia de Automatización y Control de Procesos, Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2002. _51 p
- Layouts General de Servicios: Diagrama Unifilar de Comunicaciones de SIDOR. / Típicos de Plantas, Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2003. Ubicación Técnica SAP: TIP-LAY-GEN SERV. Nro de Plano-SIDOR: TIP-LAY-SD-GLY027
- Layouts General de Servicios: Disposición General de SIDOR, Red Telefónica. / Típicos de Plantas, Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2003. Nro de Plano-SIDOR: TIP-LAY-SD-GLY026.
- Layouts General: Diagrama Lógico de la Red de Automación Planta de Gases. / Diagrama General de Red, Siderúrgica del Orinoco C.A. Puerto Ordaz, 2005.
- SIDOR, Mandoc Biblioteca de Consulta de Manuales.
- SIDOR, SAP (Sistemas Aplicaciones y productos).

GLOSARIO

1000Base LX/SX: Estándar IEEE 802.3z Gigabit-Ethernet en fibra, utiliza una codificación 8B/10B convertida en la codificación de línea sin retorno a cero (NRZ).

100Base Fx: Fast Ethernet a 100 Mbps que utiliza fibra óptica. Longitud máxima del segmento 2000 metros. Utiliza la codificación 4B/5B.

100Base TX: Estándar FastEthernet a 100 Mbps que utiliza cable UTP Cat 5, usa codificación 4B/5B, que luego es mezclada y convertida a MLT-3.

CCIR: Comité Consultivo Internacional de Radio de la UIT.

Conector Tipo F: Tap para conexión cables trunk y drop de Modbus Plus. También Conectado en puerto de tarjeta adaptadora de drop.

CSMA/CD: Es una tecnología que funciona en el modo "escuchar antes de transmitir". Esto significa que cuando un nodo desea enviar datos, primero debe determinar si los medios de transmisión están o no ocupados.

DSSS: Espectro de Dispersión de Secuencia Directa. Se esparce la señal sobre una banda muy ancha.

FHSS: Espectro de Dispersión por Salto de Frecuencia usando portadoras de frecuencias diferentes en tiempos diferentes.

KVM: (Keyboard, Video, Mouse). Son soluciones computacionales relacionadas con los dispositivos periféricos. Hacer "multiplexing" de usos de teclado, Mouse, pantallas; mas alcance etc.

MAC: Control de acceso al medio. La más baja de las dos subcapas de la capa de enlace de datos definida por el IEEE.

Microkernel: Tipo de kernel de un sistema operativo que provee un conjunto de primitivas o llamadas al sistema mínimas, para implementar servicios básicos como espacios de direcciones, comunicación entre procesos y planificación básica.

MTBF: (Mean Time Between Failure) Tiempo medio entre fallas. Parámetro dado por el fabricante de equipos que determina confiabilidad del producto.

MTU (maximum transmission unit): Unidad de transmisión máxima.

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Es una técnica de modulación que permite transmitir datos digitales simultáneamente en diferentes frecuencias.

POE: (Power On Ethernet) es una técnica para suministrar alimentación (máx. 5 Volt/1 Amp) a otros periféricos utilizando el puerto Ethernet común.

Remote I/O (RIO): Red remota de entrada/salida.

SC: Conector Suscriptor de sección cuadrada para fibra monomodo y multimodo.

SNMP: Protocolo simple de administración de red. Suministra un medio para monitorear y controlar los dispositivos de red, y para administrar configuraciones, recopilación de estadísticas, rendimiento y seguridad.

ST: Es un conector para fibra monomodo/multimodo de punta recta.

STP: El cable de par trenzado blindado (STP) combina las técnicas de blindaje, cancelación y trenzado de cables para reducir la interferencia electromagnética.

TAP: Elemento pasivo que une dos segmentos de cable (trunk) o terminador del cable en sus extremos. Provee la conexión para el cable drop hacia el nodo.

TDD: Time División Duplex. Es un esquema de duplexing. Los enlaces descendentes y ascendentes comparten el mismo canal de RF. Asimetría dinámica.

Token: Trama que contiene información de control. La posesión del token permite que un dispositivo transmita datos en la red.

UTP CAT 5E: (Unshielded Twisted Pair) Es un medio de cuatro pares de hilos que se utiliza en diversos tipos de redes.

UTP CAT6: Puede soportar frecuencias de 250 Mhz, dos veces y media más que la Categoría 5. Utiliza un papel metálico que cubre los pares en el cable (blindaje).

V.24: Estándar de la UIT-T para una interfaz de capa física entre DTE y el DCE. Esencialmente, V.24 es igual al estándar EIA/TIA-232.

VLAN: LAN virtual. Dispositivos de una LAN ubicados en segmentos distintos pero que se configuran para comunicarse como si estuvieran conectados al mismo cable.

WEP: Wired Equivalent Privacy, Cifrado incluido como protocolo para redes Wireless que permite cifrar la información que se transmite. Está basado en el algoritmo de cifrado RC4, y utiliza claves de 64/128/512bits.

WLS: Wavelength Shifting. Es la capacidad de la fibra para la multicanalización de distintas longitudes de onda.

APENDICE A

Tabla N° 18: Resultados de la base de datos de fallas.

RESUMEN: Equipos	N° de Fallas	Tiempo total de Fallas (horas)	Tiempo total de Imp. Prod (horas)
Cable Coaxial	5	4,0	1,7
Cable F.O	35	26,5	14,8
Cable UTP	10	8,0	5,7
Conector	130	110,3	47,8
Conversor F/UTP	60	50,6	19,6
Switch	65	55,8	26,2
Tarjeta ARI	35	27,2	9,1
Tarjeta CPS	5	4,7	3,0
Tarjeta de Red	40	34,1	15,1
Tarjeta RIO	10	6,1	4,0
Empalmes	9	7,25	2,5

Comprobación de que valores de Criticidad por Equipo de Red siguen la desviación estándar de una Distribución Normal: Campana de Gauss:

Analizando los valores limites y promedios dados por la Guía de Criticidad, tenemos.

Valor máximo= 10.020, Valor medio= 4.260-5.085, Valor mínimo=1.420

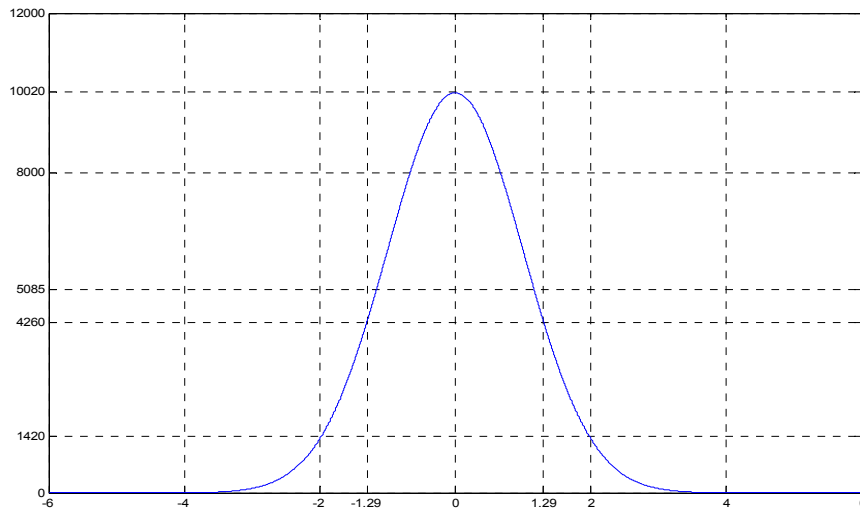


Figura N° 50: Desviación estándar para criticidad por equipos

Se hace notar que aproximadamente entre $-1.285 \leq X \leq 1.285$ (estos valores dados por una tabla estadística de distribución Normal) se tiene un área equivalente al 80% de la curva, corroborando el criterio que refleja que dentro del 80% de esta curva se

deben incluir los valores que comprenden los casos mas críticos y fuera de ellos los valores de criticidad que solo reflejan la mínima consecuencia.

Tabla N° 19: Probabilidad de falla según registros de fallas

Equipos	Nro Fallas	Prob.de Falla	Confiabilidad
Conector	130	0,00247	0,99753
Switch	65	0,00124	0,99876
Conversor F/UTP	60	0,00114	0,99886
Tarjeta de Red	40	0,00076	0,99924
Cable F.O	35	0,00067	0,99933
Tarjeta ARI	35	0,00067	0,99933
Cable UTP	10	0,00019	0,99981
Tarjeta RIO	10	0,00019	0,99981
Cable Coaxial	5	0,00010	0,99990
Tarjeta CPS	5	0,00010	0,99990
Empalmes	9	0,00017	0,99982
PS-400ATX-ZB	0,48	0,00001	0,99999

Nota: Estos datos representan la confiabilidad de un equipo/elemento en 1 hora. La muestra es de 52.560h (6 años).

Tabla N° 20: Costos de impacto en producción por áreas de SIDOR

Plantas	Costos (\$/hora)
Planchones	330.000
Palanquillas	260.000
HyL II	150.000
Midrex II	560.000/ Reactor
Midrex I	125.000
Laminación en Caliente	41.666
Laminación En frío	75.000
Todo Plan IV (Planchones, Palanquillas, HyL, Midrex II)	1.300.000
Planta Vieja (Midrex I, Laminación en Frío y Caliente)	241.666

Tabla N° 21: Clientes a los que se suministran los productos y/o servicios

Plantas	Clientes directos	Perdidas (\$/h)
Caroní	Reservorio 2, Reservorio 1	No afecta directamente
Orinoco	Graver, TAVSA, y sistema Anti-incendio	No se conoce
Reser. 1	Laminación en Frío, Laminación en caliente, TAVSA y respaldo de Reservorio 2	116.666+ Respaldo
Reser. 2	*Plan IV y *planta Vieja	1.541.666
Manant	Agua Potable SIDOR	No afecta directamente
PTAN	Tratamiento de aguas de SIDOR	No afecta directamente
Octágo	Pellas, HyL II, PSA4	150.000+ pellas
PR2	Laminación Caliente y Frío	116.666
PR3	Midrex II, C.C Planchones y Palanquillas, Barras y Alambrón, HyL II	1.300.000+ otros
Vapor	Decapado, Tandem, Estañado, Cromado	75.000+ otros
Demi	Planta de Vapor y planta de Cromo	No afecta directamente

Continuación Tabla N° 21: Clientes a los que se suministran los productos y/o servicios

Cromo	Vertiente de Cromado	No afecta directamente
RHCL	Decapado I y II	75.000
Graver	Midrex II, Calderas	560.000
Marley	PSA3, Midrex I, Cal	125.000
Permut	Plan IV y Planta Vieja	No afecta directamente
PSA3	Respaldo de PSA4, Planta Vieja	No afecta directamente
PSA4	Pellas, HyL II, Planta Vieja, Acerías	1.541.666
PSA5,6	Por ahora no tiene clientes	Varia según clientes
Aire 2	Laminación Frío/Caliente, Midrex 1	241.666
Aire3	PSA3, Midrex 1, Lam. Frío/caliente, TAVSA.	241.666
GNA	Midrex I y II y HyL	835.000
Hidr 1	Recocido 1 y PSA4	No se conoce
Hidr 2	Recocido 2 y Recocido continuo	No se conoce
Hidr 3	Los dos anteriores	No se conoce
SISI	Servicio de Información de variables como presión, Flujo desde los Clientes a la Red.	No se conoce

*La planta Vieja comprende: TAVSA, Midrex I, Laminación en Frío, Laminación en Caliente, PSA3, y Planta de Cal.

*Plan IV Comprende: Acerías eléctricas de Planchones y Palanquillas, Colada Continua de Planchones, tren de Barras y Alambrón, Midrex II, HyL II, Midrex II, PSA4, Planta de Pellas.

Tabla N° 22: Tiempos Promedio Para Reparar (TPPR)

Plantas	TMRE	TTPF	TRS	(TPPR)
Caroní	51,5min	60min	30min	2,4seg
Orinoco	51,5min	25min	20min	1,6seg
Reser. 1	51,5min	20min	15min	1,4seg
Reser. 2	51,5min	40min	20min	1,9seg
Manant	51,5min	30min	25min	1,8seg
PTAN	51,5min	30min	25min	1,8seg
Octág	51,5min	20min	25min	1,6seg
PR2	51,5min	20min	30min	1,7seg
PR3	51,5min	30min	30min	1,9seg
Vapor	51,5min	20min	25min	1,6seg
Demi	51,5min	20min	25min	1,6seg
Cromo	51,5min	20min	25min	1,6seg
RHCL	51,5min	20min	55min	2,1seg
Graver	51,5min	20min	25min	1,6seg
Marley	51,5min	20min	25min	1,6seg
Permut	51,5min	20min	25min	1,6seg
PSA3	51,5min	25min	180min	4,3seg
PSA4	51,5min	25min	180min	4,3seg
PSA5,6	51,5min	25min	180min	4,3seg
Aire 2	51,5min	20min	15min	1,4seg
Aire3	51,5min	20min	15min	1,4seg
GNA	51,5min	20min	25min	1,6seg
Hidr 1	51,5min	20min	60min	2,2seg
Hidr 2	51,5min	20min	60min	2,2seg
Hidr 3	51,5min	20min	60min	2,2seg
SISI	51,5min	20min	10min	1,4seg

Tabla N° 23: Listado de equipos para los costos de criticidad por Nodos de Red

Equipos/ Plantas	Conec	Switch	*Cable UTP	*Cable Coaxial	Tarjeta RIO	Tarjeta Red	*Cable F.O	Conver F/UTP	Empal	Costo Rep. (\$)
Caroní	11	4	100	0	0	3	1	1	1	1.479,8
Orinoco	11	4	100	0	0	3	1	1	1	1.479,8
Reservorio 1	11	4	100	0	0	3	1	1	1	1.479,8
Reservorio 2	11	4	100	0	0	3	1	1	1	1.479,8
Manantial	11	4	100	0	0	3	1	1	1	1.479,8
PTAN	11	4	100	0	0	3	1	2	1	1.529,0
Octágono	12	3	100	0	0	3	0	0	0	1.083,9
PR2	8	4	20	0	0	3	1	0	0	1.422,2
PR3	8	3	20	0	0	3	1	0	2	1.086,3
Vapor	8	5	20	0	0	3	1	0	0	1.761,7
Desmineralizad	8	5	20	0	0	3	1	0	0	1.761,7
Cromo	8	5	20	80	2	3	1	0	0	1.801,8
RHCL	8	5	20	0	0	3	1	0	0	1.761,7
Graver	8	4	20	0	0	3	1	0	1	1.424,0
Marley	8	4	20	200	2	3	1	0	1	1.464,8
Permutit	8	4	20	500	2	3	1	0	1	1.466,6
PSA3	8	3	20	0	0	3	1	0	2	1.086,3
PSA4	8	3	20	0	0	3	1	0	1	1.084,5
PSA5	9	4	20	0	0	3	1	1	1	1.474,6
PSA6	10	5	20	0	0	3	1	2	1	1.864,7
Aire 2	8	7	20	0	0	3	1	0	3	2.445,9
Aire3	5	4	20	0	0	3	1	0	2	1.421,4
GNA	8	4	20	0	0	3	1	0	3	1.427,5
Hidrogeno 1	8	6	20	0	0	3	1	0	3	2.106,4
Hidrogeno 2	8	5	20	0	0	3	1	0	1	1.763,5
Hidrogeno 3	8	6	20	0	0	3	1	0	3	2.106,4
SISI	8	2	20	0	0	3	0	0	0	736,4

*Nota: Para el caso de los cables UTP y Coaxial se toman como costos el cambio total del cable, dependiendo de la longitud del tramo más largo existente en el enlace. Para la Fibra Óptica se toma como costo de reparación hacer empalmes por fusión de arco eléctrico.

Comprobación que valores de criticidad por nodo de red, siguen una distribución Normal. Campana de Gauss:

Analizando los valores limites y promedios dados por la Guía de Criticidad, tenemos.

Valor máximo= 14820, Valor medio= 6060-7485, Valor mínimo=2120

En la Figura N° 51 se hace notar que aproximadamente entre $-1.285 \leq X \leq 1.285$ (estos valores dados por una tabla estadística de distribución Normal) se tiene un área equivalente al 80% de la curva, corroborando el criterio que refleja que dentro del 80% de esta curva se deben incluir los valores que comprenden los casos mas críticos y fuera de ellos los valores de criticidad que solo reflejan la mínima consecuencia.

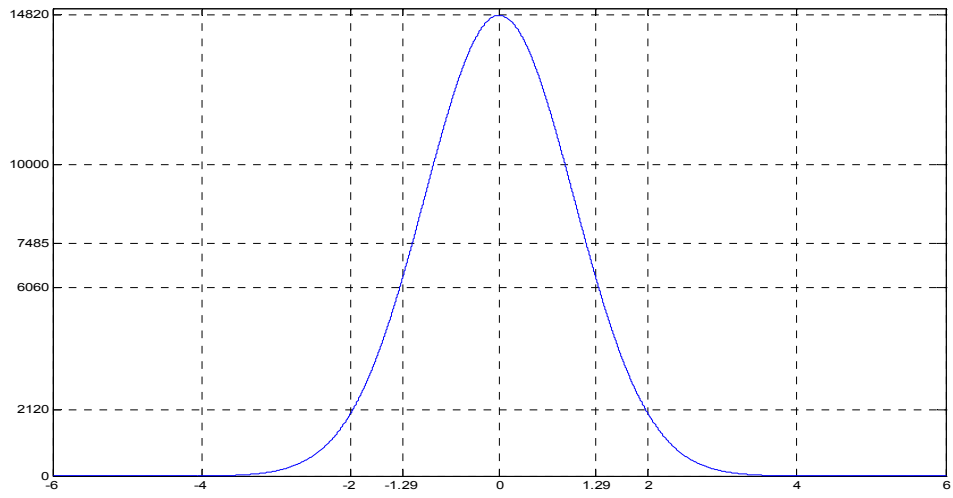


Figura N° 51: Desviación estándar de criticidad por nodos

APENDICE B

Estudio de Confiabilidad del enlace PLC-Adq-Visualización de cada Planta por la Red de Fluidos hasta el Centro de Control de SIDOR:

Se hará el cálculo completo de la confiabilidad; esto es considerando los enlaces primarios y redundantes dispuestos y propuestos para cada planta.

Este cálculo cuenta con ciertas características.

- Esta confiabilidad es solo a Nivel de Fluidos lo que contempla la Adquisición de datos y la publicación a dicha Red. (no se hizo el estudio por Nivel de Mantenimiento)
- Todos los cálculos de tramos de confiabilidad fueron hechos hasta el centro de control en el SISI ya que lo que se quiere determinar es la posibilidad de operar todas estas plantas remotamente desde allí.
- En Nivel 1 entre PLC y Adquisidor no se tomó en cuenta cuando existiera red ModBus Plus como RDD ya que no se cuenta con datos de fallas de esta red.
- No se tomó en cuenta la redundancia por conexión telefónica ya que no existen datos de fallas de esta red.

Considerando los diagramas de bloques de flujo de información de cada una de las plantas, se hace reducción de bloques en serie y paralelo (incluyendo soluciones complejas dadas por la teoría de cortes mínimos), y se determina la confiabilidad de cada uno de los enlaces hasta el Centro de Control de SIDOR.

Ecuación de Confiabilidad de la Estación de Bombeo Orinoco:

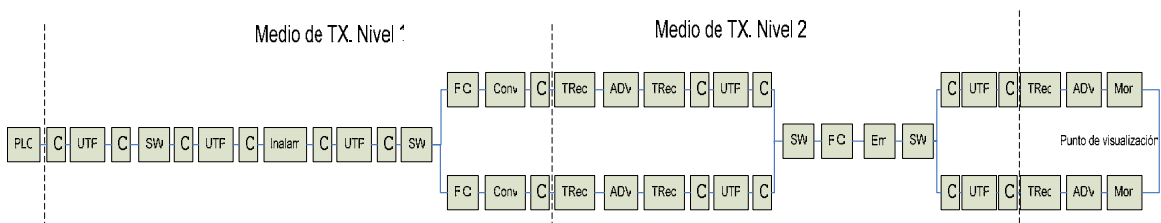


Figura N° 52: Flujo de datos Orinoco-SISI

$$Orinoco = C^6 \cdot UTP^3 \cdot Sw^2 \cdot \left\langle 1 - (1 - FO \cdot Conv \cdot C^3 \cdot TR^2 \cdot A \cdot UTP)^2 \right\rangle \cdot Sw^2 \cdot FO \cdot Em \cdot \left\langle 1 - (1 - C^2 \cdot UTP \cdot TR \cdot A)^2 \right\rangle$$

Donde

C= Confiabilidad de un conector

UTP= Confiabilidad del cable UTP

Sw= Valor de confiabilidad del Switch

FO= Valor de confiabilidad de la fibra óptica

Conv= Valor de confiabilidad del conversor F/UTP

Em= Valor de confiabilidad de los empalmes

A= Valor de confiabilidad de la fuente de poder del computador Industrial Advantech dada por el fabricante. TMEF (Tiempo Medio Entre Fallas) = 91000horas

TR= Valor de confiabilidad de las tarjetas de red.

Los valores de confiabilidad de los equipos/ elementos están dados por la tabla N° 19:

$$Orinoco = 0.995039$$

Ecuación de Confiabilidad de la Estación de Graver:

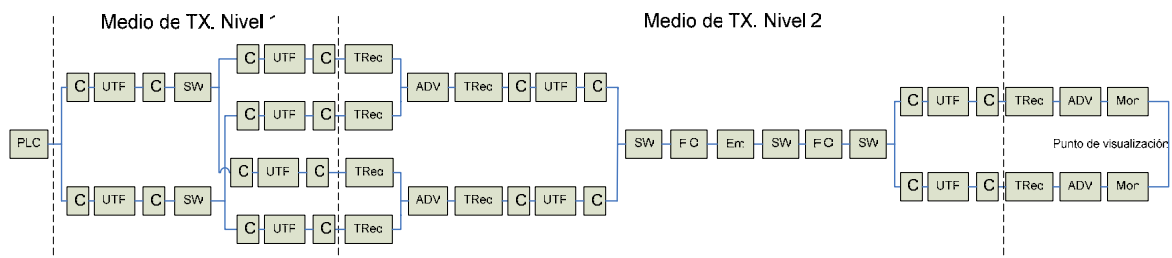


Figura N° 53: Flujo de datos Graver-SISI

Desarrollando por **conjunto de corte mínimo** se obtiene la siguiente ecuación:

$$Graver = \left\langle 1 - (cf^2 \cdot utpf \cdot trf \cdot af)^2 - (swf \cdot cf^2 \cdot utpf)^2 - 2cf^6 \cdot utpf^3 \cdot swf \cdot trf^2 - 4cf^6 \cdot trf^2 \cdot af \cdot utpf^3 \cdot swf \right\rangle \cdot Sw^3 \cdot FO^2 \cdot Em \cdot (1 - (1 - C^2 \cdot UTP \cdot TR \cdot A)^2)$$

Donde

C= Confiabilidad de un conector

cf= Probabilidad de falla de un conector

utpf= Probabilidad de falla del cable UTP

Sw= Valor de confiabilidad del Switch

swf= Valor de Probabilidad de falla del Switch

FO= Valor de confiabilidad de la fibra óptica

Em= Valor de confiabilidad de los empalmes

A= Valor de confiabilidad de computador Advantech

af= Valor de probabilidad de falla de la fuente de poder del computador Industrial

TR= Valor de confiabilidad de las tarjetas de red

trf= Valor de probabilidad de falla de las tarjetas de red.

$$Graver = 0.99476$$

Las confiabilidades de los enlaces de las Plantas de Fluidos Industriales con el Centro de Control de SIDOR se muestran en la Tabla N° 24:

Tabla N° 24: Confiabilidad de enlace de plantas de Fluidos

Plantas	Confiabilidad por enlace.
Bombeo Caroní	0.995039
Bombeo Orinoco	0.978878
Reservorio 1	0.978878
Reservorio 2	0.978878
Manantial	0.978878
PTAN	0.977110
Octágono	0.982274
PR2	0.988478
PR3	0.990022
Vapor	0.986599
Desmineralizadora	0.986599
Cromo	0.986130
RHCL	0.986599
Graver	0.994765
Marley	0.994103
Permutit	0.994103
PSA3	0.996489
PSA4	0.990191
PSA5	0.984743
PSA6	0.979325
Aire 2	0.996319
Aire3	0.996489
GNA	0.996319
Hidrógeno 1	0.996319
Hidrógeno 2	0.996319
Hidrógeno 3	0.996319
SISI	0.993646

NOTA: Estos resultados representan la confiabilidad de cada enlace por el tiempo de 1 hora.

APENDICE C

Cálculo tipo de los balances de potencia de los enlaces inalámbricos:

Se hizo el cálculo para el enlace Bombeo Orinoco - PSA5, 6; se tomaran los equipos Netkrom Air CPE500G:

Frecuencia = 2.4 Ghz

Potencia de salida = 19 dBm

Umbral de recepción = -73.0 dBm a 54 Mbps; 97 dBm a 6 Mbps

Ganancia de la antena transmisora y receptora = 19 dBi

Distancia cubierta por el perfil = 3.321 km

Pérdidas adicionales del sistema = 1.0 dB

- Cálculo de Perdidas de espacio libre (ecuación 1)

$$A_o = 32,45 + 20 \cdot \text{Log}(f_{\text{Mhz}}) + 20 \cdot \text{Log}(d_{\text{km}})$$

$$A_o = 32,45 + 20 \cdot \text{Log}(2400) + 20 \cdot \text{Log}(3,321) = 110,47 \text{ dB}$$

- Cálculo de Potencia recibida (ecuación 2)

$$P_R = P_T + G_T + G_R - A_{el} - A_a = 19 \text{ dBm} + 19 \text{ dBi} + 19 \text{ dB} - 110,47 \text{ dB} - 1 \text{ dB}$$

$$P_R = -54,47 \text{ dBm}$$

- Margen de desvanecimiento (ecuación 3)

$$Md(54 \text{ Mbps}) = PR - UR = -54,5 \text{ dBm} - (-73 \text{ dBm}) = 18,5 \text{ dB}$$

$$Md(6 \text{ Mbps}) = PR - UR = -54,5 \text{ dBm} - (-97 \text{ dBm}) = 42,5 \text{ dB}$$

- Disponibilidad del enlace: Vigants y Barnet.

Indisponibilidad por efecto de multitrayectoria (U):

$$U = a \cdot b \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} \cdot f(\text{Ghz})^{1,5} \cdot d(\text{millas})^3 \cdot 10^{\frac{-Md}{10}}$$

a = Factor que depende la rugosidad ($a = 1$, para terreno rugoso promedio)

b = factor que depende de la humedad relativa ($b = \frac{1}{2}$, zona costera, húmedo y caliente).

$$U = 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4^{1,5} \cdot \frac{3,321^3}{1,609} \cdot 10^{\frac{-18,5}{10}} = 1,736 \cdot 10^{-6}$$

$$D = 1 - U = 1 - 1,736 \cdot 10^{-6} = 0,999998 = 99,9998\%$$

ANEXOS-PERFILES

Bombeo Caroní:

Altura antena transmisora= 70.0 m

Altura antena receptora= 60.0 m

Distancia cubierta por el perfil= 6,961 km

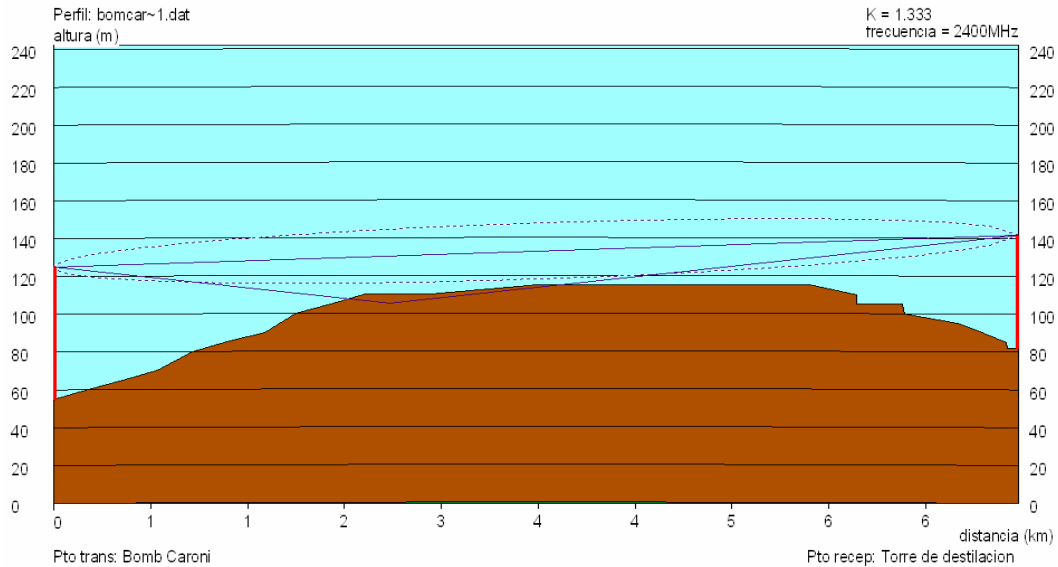


Figura N° 54: Perfil Bombeo Caroní

Bombeo Orinoco:

Altura antena transmisora= 12 m

Altura antena receptora= 60 m

Distancia cubierta por el perfil= 3.321 km

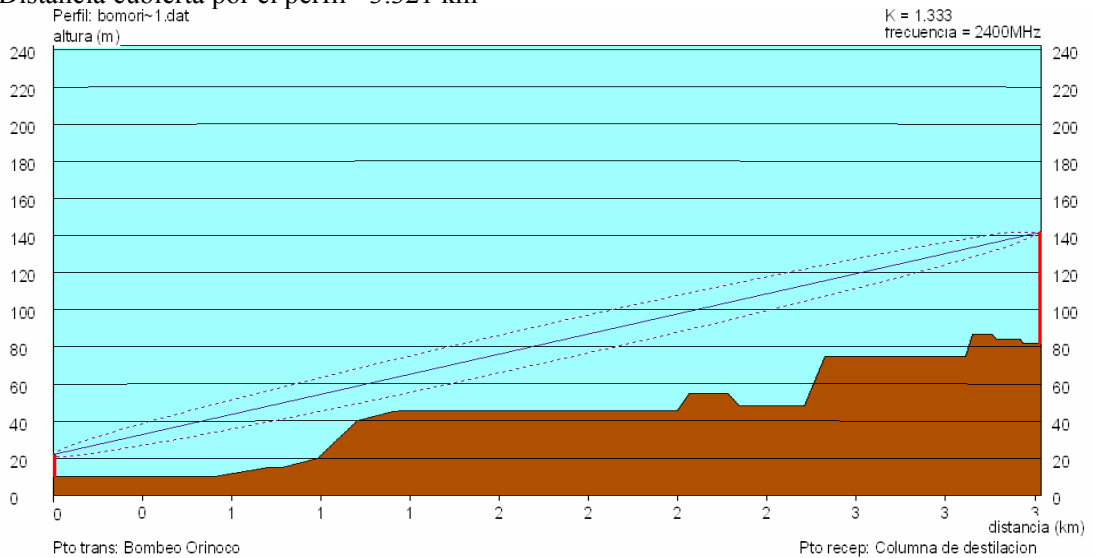


Figura N° 55: Perfil Bombeo Orinoco

Reservorio 1:

Altura antena transmisora= 3.0 m

Altura antena receptora= 60 m

Distancia cubierta por el perfil= 2.727 km

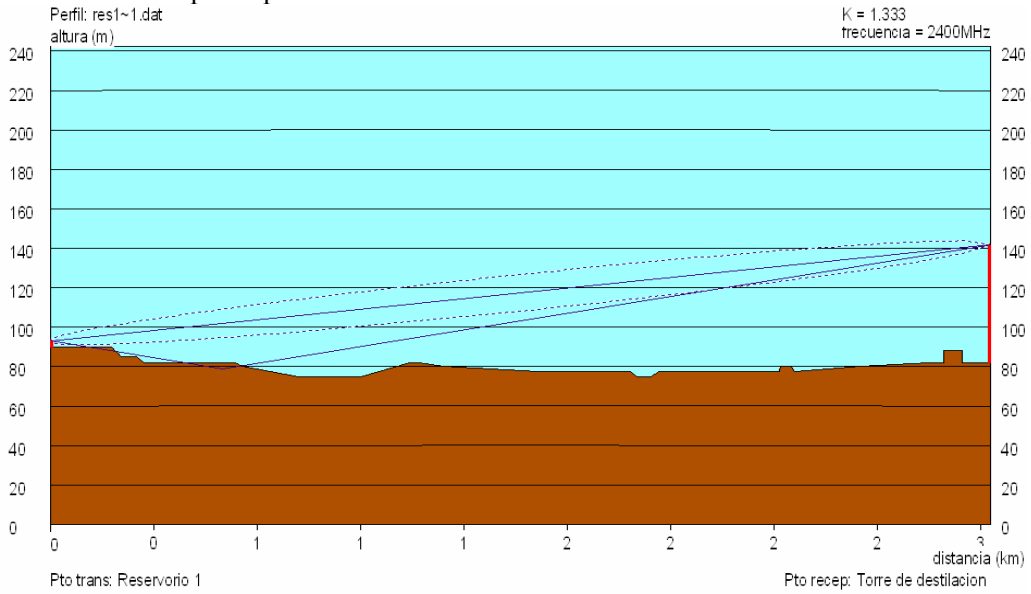


Figura N° 56: Perfil Reservorio 1

Reservorio 2:

Altura antena transmisora= 3.0 m

Altura antena receptora= 60 m

Distancia cubierta por el perfil= 2.393 km

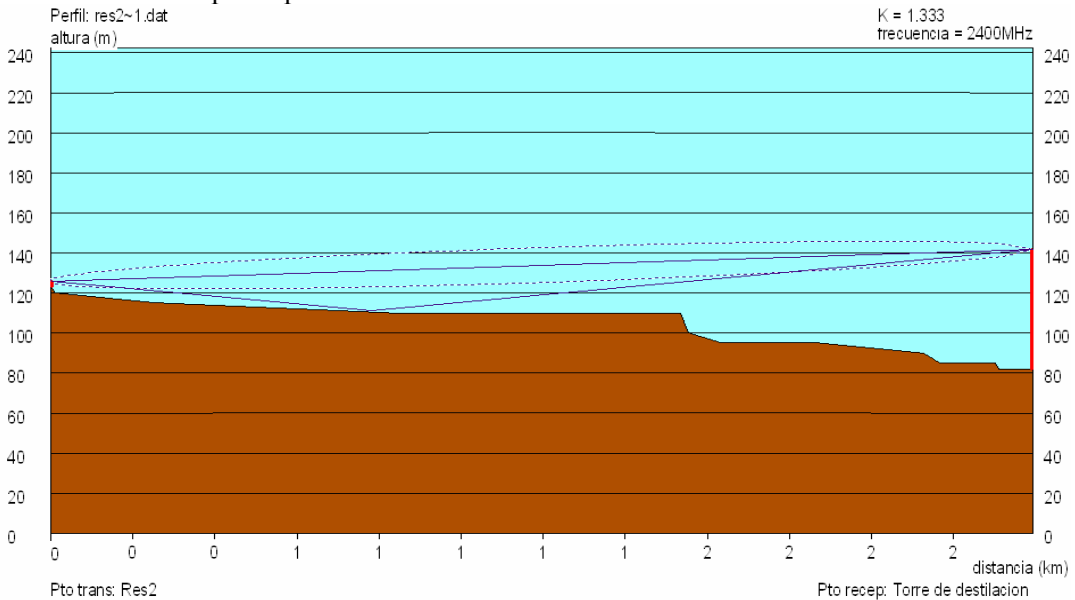


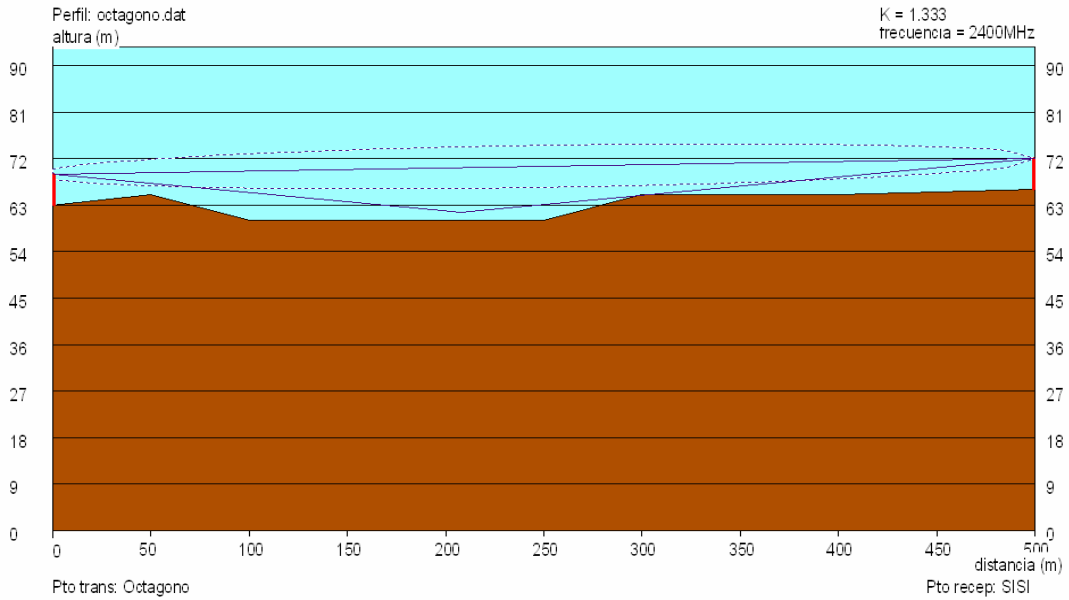
Figura N° 57: Perfil Reservorio 2

Octágono:

Altura antena transmisora= 6 m

Altura antena receptora= 6 m

Distancia cubierta por el perfil= 0.5 km

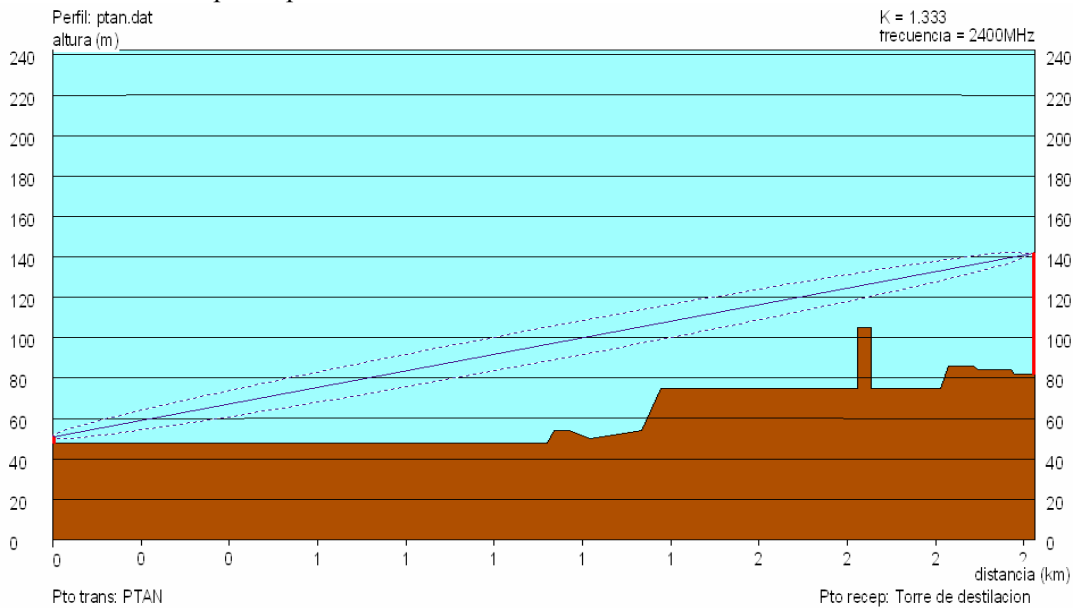


PTAN:

Altura antena transmisora= 3 m

Altura antena receptora= 60 m

Distancia cubierta por el perfil= 2.225 km



Manantial:

Altura antena transmisora= 6 m

Altura antena receptora= 60 m

Distancia cubierta por el perfil= 2.468 km

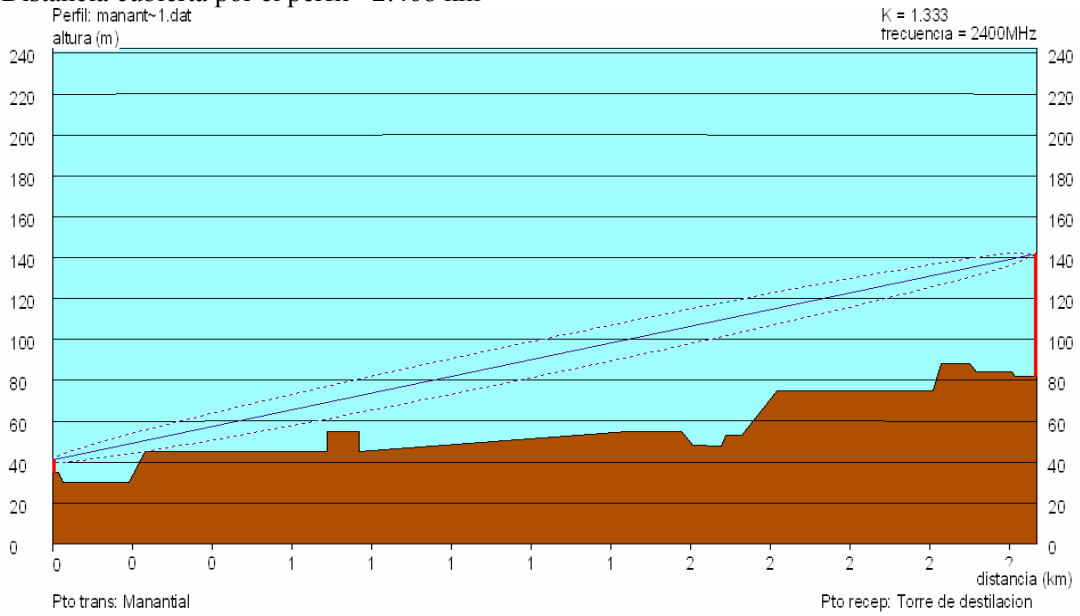


Figura N° 60: Perfil de Manantial

ANEXOS-COSTOS

1. Bombeo Orinoco:

Para determinar el PLC o RTU a instalar se debe hacer todo un estudio del proceso a automatizar, acá se tomará un estimado del número de tarjetas/módulos del PLC. Dicho PLC es el fabricado por Modicon, serie TSX Quantum.

Estos equipos y sus costos son de unos 24,36 millones de bolívares y se describen en las tablas N° 25, 26 y 27. No se incluyen los costos por los equipos para medio de transmisión (equipos para el enlace inalámbrico, Par telefónico necesario o Fibra óptica).

Tabla N° 25: Costos de Bombeo Orinoco: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLC Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	976.810	FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	477.881	Backplane 10 slot
	140-NOE-771-00	1.538.454	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140-ACI-040-00	2.273.475	16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140AVO02000	1.218.126	4 salidas analógicas
	140 DDI 353 10	756.296	32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V TRUE LOW
	140-DAI 553-00	1.025.513	ENTRADAS DIGITALES (32 ptos), TENSION 115 V
	140-DDO-843-00	732.032	16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
TOTAL		19.273.035	

Tabla N° 26: Costos de Bombeo Orinoco: Equipos de Red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
SWITCH	MOXA	960.000	EDS-508; 6Puertos 100Base TX
MODEM ASM10/8	RAD	871.653	Short-range, Sinc/Asin 19.2 kbps. Dist: 28Km-24AWG
TOTAL		1.831.653	

Tabla N° 27: Costos de Bombeo Orinoco: Conectores, Cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Coupler Jack Cat 5E	4	39.560
Cable UTP CAT 5E	50	119.900
Patch cord UTP	4	39.216
Patch panel UTP	1	135.751
Gabinete para montaje de PLC/Sw	1	2.922.609
TOTAL		3.257.036

2. Estación de Bombeo Manantial:

Los costos asociados a esta automatización se presentan en la Tabla N° 28, 29 y 30:

Costo total= 23,72 millones de bolívares, sin incluir medios de Transmisión.

Tabla N° 28: Costos de Manantial: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLC Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	976.810	FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	477.881	Backplane 10 slot
	140-NOE-771-00	1.538.454	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140-ACI-040-00	2.273.475	16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140AVO02000	1.218.126	4 salidas analógicas
	140-DAI 553-00	1.025.513	ENTRADAS DIGITALES (32ptos), TENSION 115V
	140-DDO-843-00	732.032	16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
TOTAL		18.516.739	

Tabla N° 29: Costos de Manantial: Equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
SWITCH	MOXA	960.000	EDS-508 6Puertos 100Base TX
MODEM ASM10/8	RAD	871.653	Short-range, Sinc/ Asin 19.2 kbps. Dist 28Km-24AWG
TOTAL		1.831.653	

Tabla N° 30: Costos de Manantial: Cables, Conectores, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Coupler Jack Cat 5E	4	39.560
Cable UTP CAT 5E	100	239.800
Gabinete para montaje de PLC	1	2.922.609
Patch cord UTP	4	39.216
Patch panel UTP	1	135.751
TOTAL		3.376.936

3. Planta de tratamiento de aguas negras:

Los costos asociados a automatizar esta planta son aproximadamente unos 26,9 millones de bolívares, incluyendo los costos de la Fibra multimodo (30m) y el conversor de medio (F.O-UTP) dispuestos para el tramo PLC-Antena. La descripción de los costos se presenta en la Tabla N° 31, 32 y 33.

Tabla N° 31: Costos de PTAN: Equipos de Red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
SWITCH MOXA	EDC-508-MM-SC	1.080.000	6-10/100BaseTX ports, 2 ports MM 100BaseFX
MODEM ASM10/8	RAD	871.653	Short-range Sinc/Asin 19.2kbps. D= 28Km-24awg
CONVERSOR	IMC-101-MM-SC	709.500	Conver 100BASE-FX (MM-SC) A 100B-Tx
TOTAL		2.661.153	

Tabla N° 32: Costos de PTAN: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLC Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	976.810	FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	477.881	Backplane 10 slot
	140-NOE-771-00	1.538.454	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140-ACI-040-00	2.273.475	16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140AVO02000	1.218.126	4 salidas analógicas
	140 DDI 353 10	756.296	32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V TRUE LOW
	140-DAI 553-00	1.025.513	ENTRADAS DIGITALES (32ptos), TENSION 115 V
	140-DDO-843-00	732.032	16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
TOTAL		19.273.035	

Tabla N° 33: Costos de PTAN: Conectores, Cable, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Conector Modular RJ45	2	2.112
Cable UTP CAT 5E	100	239.800
Patch cord Fibra	2	215.000
Patch panel Fibra	1	390.999
Conector SC	4	150.070
Fibra Optica Multimodo	30	1042965
Gabinete para montaje de PLC	1	2.922.609
TOTAL		4.963.555

4. Bombeo Caroní:

El costo total de automatización es de aproximadamente unos 27,56 millones de bolívares. Estos costos se detallan en la Tabla N° 34, 35 y 36.

Tabla N° 34: Costos de Bombeo Caroní: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLC Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	976.810	FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	477.881	Backplane 10 slot
	140-NOE-771-00	3.076.908	Dos (2) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140-ACI-040-00	2.273.475	16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140AVO02000	1.218.126	4 salidas analógicas
	140 DDI 353 10	756.296	32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V TRUE LOW
	140-DAI 553-00	1.025.513	ENTRADAS DIGITALES (32 ptos), TENSION 115 V
		140-DDO-843-00	732.032
TOTAL		20.811.489	

Tabla N° 35: Costos de Bombeo Caroní: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
2 Switch Moxa	Moxa EDS-508	1.920.000	6 puertos 10/100 UTP Base Tx
TOTAL		1.920.000	

Tabla N° 36: Costos de Bombeo Caroní: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CATEGORIA 5E	10	98.900
Cable UTP CAT 5E	50	119.900
Rollo de Cable UTP Cat 6	2	1.321.692
Patch cord UTP	10	98.040
Patch panel UTP	2	271.502
Gabinete para montaje de PLC	1	2.922.609
TOTAL		4.832.643

5. Reservorio 1, Reservorio 2:

El costo de instalación de equipos de red para automatización en Reservorio 1 y 2 es de unos 21,87 millones de bolívares y se muestran en la Tabla N° 37, 38 y 39.

Tabla N° 37: Costos de Reservorio 1 y 2: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLC Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	976.810	FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	477.881	Backplane 10 slot
	140-NOE-771-00	1.538.454	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140-ACI-040-00	2.273.475	16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-DAI 543-00	532.632	Entrada Digital de 16 canales
TOTAL		16.073.700	

Tabla N° 38: Costos de Reservorio 1 y 2: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
Switch C2950-12 P	Cisco: C2950-12	1.715.386	10/100 UTP Base Tx
MODEM ASM10/8	RAD	871.653	Short-range,Sinc/Asin 19.2kbps. Dist. 28Km-24awg
TOTAL		2.587.039	

Tabla N° 39: Costos de Reservorio 1 y 2: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Coupler Jack Cat 5E	4	39.560
Cable UTP CAT 5E	30	71.940
Patch cord UTP	4	39.216
Patch panel UTP	1	135.751
Gabinete para montaje de PLC/Sw	1	2.922.609
TOTAL		3.209.076

6. Octágono:

Los costos asociados a esta planta son de unos 26,6 millones de bolívares y se detallan en la Tabla N° 40, 41 y 42.

Tabla N° 40: Costos de Octágono: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLC Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	976.810	FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	477.881	Backplane de 10 slots
	140-NOE-771-00	1.538.454	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140-ACI-040-00	4.546.950	Dos modulos de 16 Entradas Analogicas 4-20mA
	140AVO02000	1.218.126	4 salidas analogicas
	140 DDI 353 10	756.296	32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V TRUE LOW
	140-DAI 553-00	1.025.513	ENTRADAS DIGITALES (32ptos), TENSION 115V
	140-DDO-843-00	732.032	16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
TOTAL		21.546.510	

Tabla N° 41: Costos de Octágono: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
SWITCH Industrial	MOXA	960.000	EDS-508 6Puertos 100Base TX
MODEM ASM 10/8	RAD	871.653	Short-range, Sinc/Asin 19.2 kbps. Dist. 28Km-24AWG
TOTAL		1.831.653	

Tabla N° 42: Costos de Octágono: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Cable UTP CAT 5E	30	71.940
COUPLER RJ45 CATEGORIA 5E	6	59.340
Patch cord UTP	6	58.824
Patch panel UTP	1	135.751
Gabinete para montaje de PLC	1	2.922.609
TOTAL		3.248.464

7. Graver, Marley, Permutit:

En graver actualmente se esta instalando un PLC lo que ahorra en costos. Este PLC incluye CPU CRP CPS y NOE además de algunas tarjetas I/O del PLC principal de Graver. Los costos aproximados de inversión son de unos 118,4 millones de Bs. La Tabla N° 43, 44 y 45 detalla estos costos.

Tabla N° 43: Costos de Grave, Marley, Permutit: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
Un (1) Computador Industr.	Advantech	3.889.248	CPU 2.2G PCA-6184E, RAM 512MB, DD 80Gb.
Dos (2) Adquisidores	IPC-610P4-260	5.710.348	DD 120 Gbits, Mem. 512 Mbits, PIV-2,2G
Tres (8) Tarjeta de Red	Intel	2.614.400	Slot PCI/PCIX. 10/100/1000 Mbps UTP
Monitor LCD 19"	VIEWSONIC	2.061.733	
Dos (2) Switch C2950-12 P	WS-C2950-12	3.430.772	10/100 utp
Dos (2) Switch 1000Base LX	WS-C2950G-12	8.240.332	SW 12P 10/100UTP Y 2 1000BASE X
Dos (2) Módulos conv a LX	WS-5486	3.165.660	Modulo GBIC para 1000Base LX/LH
TOTAL		29.112.493	

Tabla N° 44: Costos de Graver, Marley, Permutit: PLC's

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
Tarjetas Faltantes al PLC de Graver	140CPS114-20	2.930.430	Tres (3) FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 016-00	1.585.476	Tres (3) Backplane 16 slot
	140-NOE-771-00	3.076.908	Dos (2) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140CRA93200	5.115.045	Tres (3) Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	1.705.015	1 Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
I/O Permutit	140-ACI-040-00	4.546.950	Dos (2) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	2.036.201	8 salidas analógicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	756.296	32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V TRUE LOW
	140-DDO-843-00	732.032	16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
I/O Marley	140-ACI-040-00	6.820.425	Tres (3) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	2.036.201	8 salidas analógicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	1.512.592	Dos (2) 32 PUNTOS DE ENTRADAS 24V True Low
	140-DDO-843-00	1.464.064	Dos (2) 16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
	140-DAI 553-00	2.051.026	Dos (2) Entradas Digitales (32ptos) tensión 115v
I/O Graver	140-ACI-040-00	13.640.850	Seis (6) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	8.144.804	Cuatro (4) 8 salidas analógicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	3.025.184	Cuatro (4) 32Ptos de entradas 24 V TRUE LOW
	140-DDO-843-00	2.928.128	Cuatro (4) 16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
	140-DAI 553-00	4.102.052	Cuatro (4) Entradas Digitales (32ptos) tensión 115v
TOTAL		68.209.679	

Tabla N° 45: Costos de Graver, Marley, Permutit: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
CONECTOR TAP PARA RED RIO	2	533.876
Conector tipo F para RG-6	10	891.780
Cable Coaxial	800	843.200
Cable UTP CAT 5E	30	71.940
COUPLER RJ45 CATEGORIA 5E	11	108790
Patch cord UTP	22	215.688
Patch panel UTP	2	271.502
conectores SC para SM	4	232.028
Patch Fibra LC a SC SM 3M	2	700.000
Patch panel fibra	1	390.999
Gabinete para Redes RITTIAL	1	5.177.222
Gabinete para PLC TAUMET	4	11.690.436
TOTAL		21.127.461

8. PR2:

Los costos para la interconexión de este nodo a la red por Nivel de Fluidos y Mantenimiento son de unos 80,9 millones de bolívares. En la Tabla N° 46 y 47 se detallan estos costos.

Tabla N° 46: Costos de PR2: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
2 Tarjeta de Red	Intel	653.600	Slot PCI/PCIX. 10/100/1000 Mbps UTP
*Cuatro (4) Switch 1000Base LX	WS-3550G-12S	64.512.000	10 puertos GBIC y 2- 10/100/1000Base T
*Cinco (5) Modulos conversor SM	WS-5486	7.914.150	Modulo GBIC para 1000Base LX SM
Cinco (5) Modulo Conversor MM	WS-5484	3.976.425	Modulo Gigaethernet para Fibra MM
TOTAL		77.056.175	

*Nota: En estos costos están incluidos los Switch (2) a colocar en la tanquilla telefónica TT-34-14.

Tabla N° 47: Costos de PR2: conectores, cable, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Conectores SC Hubbell SM	8	95.800
Patch Fibra LC a SC SM 3M	6	2.100.000
Conector SC Siecor MM	4	150.070
PATCH CORD SIMPLEX MM	4	253.288
Patch panel fibra	3	1.172.997
Cable UTP CAT 5E	10 m	23.980
COUPLER RJ45 CAT 5E	2	19.780
patch cord UTP	4	39.216
TOTAL		3.855.131

9. Vapor:

Los costos para incluir la Red de Mantenimiento a esta planta son de 8 millones de bolívares. En la Tabla N° 48 se detallan estos costos.

Tabla N° 48: Costos de Vapor: equipos de red, conectores y cables

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
Switch 100Base FX	WS-C2950C-12	4.414.099	
Dos (2) Tarjetas NOE 771-00	140NOE-771-00	3.076.908	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
Tarjeta de Red	Intel	326.800	Slot PCI/PCIX. 10/100/1000 Mbps UTP
Cable UTP	Cat 5E 20m	47.960	Para conexión NOE con Red MTTO
COUPLER RJ45 CAT 5E	3	29.670	
patch cord UTP	2	19.608	
Conector SC Siecor MM	2	75.035	
PATCH CORD MT-RJ a SC	1	107.500	
Total		8.097.580	

10. RHCL

En los costos de RHCL de la Tabla N° 49, 50 y 51 se incluye:

- Dos PLCs, uno para la primera Planta y el otro para las otras dos plantas y las áreas comunes. para el cálculo de los costos referentes a la tarjetas de entrada/Salida de los PLCs de RHCL, se colocaran por desconocer las señales que allí se manejarían, Dos (2) unidades de cada tarjeta I/O tanto analógicas

como digitales, tratando con esto de proveer una idea de los posibles costos incluidos para la automatización de esta planta perteneciente al sistema de interconexión de Fluidos Industriales.

- Costos de la Fibra Multimodo de 8 hilos para interconexión con PR2.

El costo total es de unos 183,7 millones de bolívares.

Tabla N° 49: Costos de RHCL: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLCs Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	1.953.620	Dos (2) FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 016-00	1.056.984	Dos (2) Backplane 16 slot
	140-NOE-771-00	3.076.908	Dos (2) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140-NOM-21200	1.705.015	MOD BUS PLUS + NET INTF, DOBLE CABLE.
	140CRA93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS909
	140-ACI-040-00	9.093.900	Cuatro (4) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	8.144.804	Cuatro (4) 8 salidas analógicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	3.025.184	Cuatro (4) 32 puntos de entradas 24 V True Low
	140-DAO84000	2.436.296	Cuatro (4) 16 canales 110VAC
	140-DAI 553-00	2.051.026	Dos (2) Entradas digitales de 32ptos. Tensión 115 V
	140ARI03010	6.820.060	Cuatro (2) 8 ENTRADAS RTD TIPO NI o PT
TOTAL		53.048.275	
Resultado de 2 PLC para RHCL		106.096.550	

Tabla N° 50: Costos de RHCL: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CATEGORIA 5E	12	118.680
Cable UTP CAT 5E	100	239.800
Patch cord UTP	24	235.296
Patch panel UTP	4	543.004
CABLE MOD BUS PLUS AWG 24	30	109.020
Tap para Red Modbus Plus	4	1.081.204
Resistencia Terminacion de bus	1	39.784
CONECTOR TAP PARA RED RIO	2	533.876
Conector tipo F para RG-6	8	713.424
Cable Coaxial	100	105.400
Fibra optica/ 12hilos multimodo	80	2.867.240
Conector SC MM	4	150.070
Patch Cord MT-RJ a SC	1	107.500
PATCH CORD SIMPLEX	1	63.322
patch panel fibra	1	390.999
Gabinete para montaje de TDA	1	4.186.201
Gabinete para montaje de PLC	2	5.845.218
Gabinete para montaje de servidores	1	5.528.721
Gabinete para montaje de Redes	1	5.177.222
TOTAL		28.035.981

Tabla N° 51: Costos de RHCL: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
3 Computador industrial	Advantech	11.667.744	CPU-2.2G PCA-6184E, RAM 512MB, DD80G
Dos (2) Adquisidores	IPC-610P4-260	5.710.348	DD 120 Gbits, mem. 512 Mbits, PIV-2,2 GHz
6 Tarjeta de Red	Intel	1.960.800	Slot PCI/PCIX. 10/100/1000 Mbps UTP
Dos (2) Tarjeta PCI MB+	AM-SV85-002	8.758.214	Comunicac para sistem basados en BUS VME
3 Monitor LCD 19''	VIEWSONIC	6.185.199	
Switch C2950C-24 P	Cisco	4.414.099	10/100 utp Y 2 100BASE FX
Dos (2) Switch C2950-12P	WS-C2950-12	3.430.772	10/100 utp
Switch 2950G-12	WS-C2950G-12	4.120.166	12 Puertos 10/100UTP Y 2 1000BASE X
Modulo Conversor MM	WS-5484	795.285	Modulo Gigaethernet para Fibra Multimodo
Fuente de Poder, UPS	data power	2.500.000	UPS ON LINE con autonomía de 28 minutos
TOTAL		49.542.627	

11. Planta Demi-Cromo:

El costo total de la inversión para los cambios necesarios en automatización es de unos 7 millones de bolívares. En la Tabla N° 52 y 53 se detallan estos costos.

Tabla N° 52: Costos de Demi-Cromo: PLC y switch

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLC de DEMI y Cromo	140CRA93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS909
	140-NOE-771-00	1.538.454	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
SWITCH EDS-508-MM-SC	MOXA	1.080.000	6 10/100BaseT(X) ports, 2 MM 100BaseFX
Total		6.028.484	

Tabla N° 53: Costos de Demi-Cromo: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CATEGORIA 5E	2	19.780
Cable UTP CAT 5E	20	47.960
Patch cord UTP	3	29.412
Cable Coaxial	100	105.400
CONECTOR TAP PARA RED RIO	1	266.938
Conector tipo F para RG-6	4	356.712
Patch Cord MT-RJ a SC	1	107.500
Conector SC MM	2	75.035
Total		1.008.737

12. PR3:

Los costos asociados a este diseño son bastante difíciles de precisar. Para que sean un poco más ajustados se tomó el número de tarjetas I/O digitales y analógicas que actualmente están funcionando en los PLCs Compact 984 y se tomó las tarjetas I/O

que son similares para la serie TSX Quantum. El costo aproximado en automatización es de 228,6 millones de bolívares. En la Tabla N° 54, 55 y 56 se detallan estos costos.

Tabla N° 54: Costos de PR3: PLC's

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
4 PLCs Quantum	140CPU 534-14B	41.097.792	Cuatro (4) CPU del PLC
	140CPS114-20	4.884.050	Cinco (5) FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 016-00	2.642.460	Cinco (5) Backplane 16 slot
	140-NOM-21200	5.115.045	Tres (3) de red. ModBus Plus + NET INTF, doble cable
	140-NOE-771-00	12.307.632	Ocho (8) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140CRA93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS909
	140-ACI-040-00	25.008.225	Once (11) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	20.362.010	Diez (10) 8 salidas analogicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	18.907.400	Doce (25) 32 puntos de entrada 24 V TRUE LOW
	140-DDO-843-00	7.320.320	Diez (10) 16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
TOTAL		141.054.964	Este resultado es de los 4 PLC mas un Drop remoto

Tabla N° 55: Costos de PR3: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
4 Computador industrial	Advantech	15.556.992	CPU-2.2G PCA-6184E, RAM 512 MB, DD 80 GB
5 computadores	IPC-610P4-260	14.275.870	DD 120 Gbits, MEMORIA 512 Mbits, PIV-2,2 GHz
23 Tarjeta de Red	Intel	7.516.400	Slot PCI/PCI-X. 10/100/1000 Mbps UTP
Tres (3) Tarjetas PCI MB+	AM-SV85-002	13.137.321	COMUNICACIÓN MB+
4 Monitor LCD 19"	VIEWSONIC	8.246.932	
3 Switch cisco 24 puertos	WS-C2950T-24	6.994.830	10/100UTP Y 2 10/100/1000
2 Swtich 1000Base LX	WS-C2950G-12	8.240.332	SW 12P 10/100UTP Y 2 1000BASE X
Dos (2) Modulos GBIC	WS-5486	3.165.660	Modulo GBIC para 1000Base LX/LH
Bridge/MUX	NW-BM85-000	3.590.878	Para ir de MB plus a Modbus
MODEM RAD	ASM10/8	871.653	Short-range, Sinc/ Asin 19.2 kbps. D= 28Km-24awg
TOTAL		81.596.868	

Tabla N° 56: Costos de PR3: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Conector Modular RJ45	10	10.560
COUPLER RJ45 CAT5E	30	296.700
Cable UTP CAT 5E	100	239.800
Patch cord UTP	30	294.120
Patch panel UTP	4	542.284
Cable Coaxial	10	10.540
TAP PARA RED RIO	1	266.938
Conector tipo F para RG-6	4	356.712
Patch Fibra LC a SC SM 3M	2	700.000
Conector SC monomodo	4	232.028
patch panel fibra	1	390.999
CABLE MB+ AWG 24	120	436.080
Tap para Red Modbus Plus	8	2.162.408
Resistencia Terminación de bus	1	39.784
TOTAL		5.978.953

13. PSA 4:

Los costos de modificación de este nodo son de aproximadamente 27,67 millones bolívares, que incluyen los costos de fibra y el Switch para el enlace desde las antenas en la columna de destilación hasta los adquirentes de PSA4. En la Tabla N° 57 y 58 se detallan estos costos.

Tabla N° 57: Costos de PSA4: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
2 Computadores industriales	Advantech	5.710.348	DD 120Gbits, Mem 512 Mbits, PIV-2,2 GHz
Switch 24 Puertos	WS-C2950C-24	4.414.099	24 P 10/100 utp Y 2 100BASE FX
Switch 12 Puertos	WS-C2950G-12	4.120.166	10/100UTP y 2 GBIC
4 Tarjeta de Red	Intel	1.307.200	Slot PCI/PCIX. 10/100/1000 Mbps UTP
100m FIBRA 8 HILOS MM	Optical Cable	3.476.550	8 hilos MM armada BX008-115D-SXL/900
Tres (3) Módulos	WS-5486	4.748.490	Modulo GBIC para 1000Base LX/LH
Dos (2) Conversor de medio	IMC-101-MM-SC	1.419.000	Conver 100BASE-FX (MM-SC) A 100B-TX
Total		25.195.853	

Tabla N° 58: Costos de PSA4: conectores, cable, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
Coupler Jack Cat 5E	4	39.560
Cable UTP CAT 5E	600	1.438.800
Patch cord UTP	17	166.668
Patch panel UTP	2	271.142
conectores SC MM	8	95.808
conectores SC para SM	2	116.014
Patch Fibra LC a SC SM 3M	1	350.000
Total		2.477.992

14. Aire 2:

El costo total de automatización de esta planta es de unos 49,5 millones de bolívares. Se muestran en la Tabla N° 59, 60 y 61 e incluye el costo de la colocación del PLC.

Tabla N° 59: Costos de Aire 2: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLCs Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	2.930.430	Tres (3) FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	1.433.643	Tres (3) Backplane 10 slot
	140-NOE-771-00	4.615.362	Tres (3) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140CRA93200	3.410.030	Dos (2) Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS909
	140-ACI-040-00	4.546.950	Dos (2) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	4.072.402	Dos (2) 8 salidas analógicas 4-20mA

Continuación Tabla N° 59: Costos de Aire 2: PLC

	140 DDI 353 10	1.512.592	Dos (2) 32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V True low
	140-DAO84000	1.218.148	Dos (2) módulos de salida digital 16 canales 110VAC
TOTAL		35.719.020	

Tabla N° 60: Costos de Aire 2: switch

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
3 SWITCH Moxa	EDS-508-MM-SC	3.240.000	Swtich Industrial
TOTAL		3.240.000	

Tabla N° 61: Costos de Aire 2: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CAT 5E	3	29.670
Cable UTP CAT 5E	50	119.900
Patch cord UTP	8	78.432
Patch panel UTP	3	407.253
CONECTOR TAP PARA RED RIO	1	266.938
Conector tipo F para RG-6	6	535.068
Cable Coaxial	80	84.320
TERMINADOR DE BUS PARA RED RIO	1	169.982
Conector SC Siecor MM	6	225.105
PATCH CORD SIMPLEX MM	3	189.966
Gabinete para montaje de PLC	1	2.922.609
Gabinete para montaje de Redes	1	5.528.721
TOTAL		10.557.964

15. Hidrógeno 1 y 3:

El costo aproximado de automatización de de Hidrógeno 1 y de conexión de Hidrógeno 3 es de unos 66 millones de bolívares. En la Tabla N° 62, 63 y 64 se detallan estos costos.

Tabla N° 62: Costos de Hidrógeno 1 y 3: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLCs Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	1.953.620	Dos (2) FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 016-00	528.492	Dos (2) Backplane 16 slot
	140-NOE-771-00	4.615.362	Tres (3) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140CRA93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS909
	140-ACI-040-00	4.546.950	Dos (2) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	4.072.402	Dos (2) 8 salidas analógicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	1.512.592	Dos (2) 32 Puntos de entrada 24 V True low
	140-DDO-843-00	1.464.064	Dos (2) 16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
TOTAL		32.377.960	

Tabla N° 63: Costos de Hidrógeno 1 y 3: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
2 Computador industrial	Advantech	7.778.496	CPU-2.2G PCA-6184E, Ram 512Mb, DD 80Gb
4 Tarjeta de Red	Intel	1.307.200	Slot PCI/PCI-X. 10/100/1000 Mbps UTP
2 Monitor LCD 19"	VIEWSONIC	4.123.466	
3 SWITCH INDUSTRIAL	EDS-508-MM-SC	3.240.000	
Switch cisco	WS-C2950G-12	4.120.166	SW 12P 10/100UTP Y 2 1000BASE X
Dos Modulo Conversor MM	WS-5484	1.590.570	Modulo Gigaethernet para Fibra Multimodo
TOTAL		22.159.898	

Tabla N° 64: Costos de Hidrógeno 1 y 3: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CAT 5E	8	79.120
Cable UTP CAT 5E	200	479.600
Patch cord UTP	22	215.688
Patch panel UTP	4	543.004
Conector SC Siecor MM	10	375.175
PATCH CORD SIMPLEX	5	316.610
Patch panel fibra	2	781.998
Cable Coaxial	50	52.700
Conector tipo F para RG-6	2	178.356
Gabinete para montaje de PCs	1	5.528.721
Gabinete para montaje de PLC	1	2.922.609
TOTAL		11.473.581

16. Hidrógeno 2:

Los costos de la automatización de Hidrógeno 2 son de unos 58,9 millones de bolívares. En la Tabla N° 65, 66 y 67 se detallan estos costos.

Tabla N° 65: Costos de Hidrógeno 2: PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLCs Quantum	140CPU 534-14B	10.274.448	CPU del PLC
	140CPS114-20	1.953.620	Dos (2) FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 016-00	528.492	Dos (2) Backplane 16 slot
	140-NOE-771-00	4.615.362	Tres (3) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140CRA93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	1.705.015	Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS909
	140-ACI-040-00	9.093.900	Cuatro (4) 16 Entradas Analogicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	6.108.603	Tres (3) 8 salidas analogicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	3.025.184	Cuatro (4) 32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V TRUE LOW
	140-DDO-843-00	1.464.064	Dos (2) 16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC
	140 ARI 030-10	5.115.045	3 Modulos 8 ENTRADAS RTD TIPO NI o PT
TOTAL		45.588.748	

Tabla N° 66: Costos de Hidrógeno 2: switch

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
3 SWITCH industrial	EDS-508-MM-SC	3.240.000	6 10/100BaseT(X) ports, 2 MM 100BaseFX ports
TOTAL		3.240.000	

Tabla N° 67: Costos de Hidrógeno 2: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CAT 5E	4	39.560
Cable UTP CAT 5E	50	119.900
Patch cord UTP	6	58.824
Patch panel UTP	3	407.253
Conector SC Siecor MM	6	225.105
PATCH CORD SIMPLEX	3	189.966
Patch panel fibra	1	390.999
Cable Coaxial	50	52.700
Conector tipo F para RG-6	2	178.356
Gabinete para montaje de PLC	1	2.922.609
Gabinete para montaje de PCs	1	5.528.721
TOTAL		10.113.993

17. PSA3:

El costo total para permitir la interconexión de esta planta a la red de automatización de Fluidos es de unos 7,86 millones de bolívares. En la Tabla N° 68 y 69 se detallan estos costos.

Tabla N° 68: Costos de PSA3: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
conectores SC para SM	2	116.014
Conector SC Siecor MM	6	225.105
Patch Cord monomodo 3M	1	161.379
PATCH CORD SIMPLEX MM	3	189.966
COUPLER RJ45 CAT 5E	3	29.670
Cable UTP CAT 5E	20	47.960
Patch cord UTP	3	29.412
Total		799.506

Tabla N° 69: Costos de PSA3: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
Switch 1000Base LX	WS-2950G-12	4.120.166	12 ptos 10/100 y 2 GBIC (1000Base LX/LH)
Modulos conversor SM	WS-5486	1.582.830	Modulo GBIC para Fibra monomodo
Dos (2) Tarjeta de Red	Intel	653.600	Slot PCI/PCIX. 10/100/1000 Mbps UTP
Conversor de medio	IMC-101-MM-SC	709.500	Conve 100BASE-FX (MM-SC) A 100B-TX
Total		7.066.096	

18. Aire 3:

Los costos totales son de aproximadamente unos 105,6 millones de bolívares. En la Tabla N° 70, 71 y 72 se detallan estos costos.

Tabla N° 70: Costos de Aire 3. PLC

Equipo	Componentes	Precio (Bs)	Comentario
PLCs Quantum	140CPU 534-14B	20.548.896	Dos (2) CPU del PLC
	140CPS114-20	7.814.480	Ocho (8) FUENTE DE PODER 115/230 VAC
	140XBP 010-00	3.823.048	Ocho (8) Backplane 10 slot
	140-NOE-771-00	9.230.724	Seis (6) Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
	140CRA93200	10.230.090	Seis (6) Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS908
	140CRP93200	3.410.030	Dos (2) Tarjeta de comunicación Red RIO I/OS909
	140-ACI-040-00	11.367.375	Cinco (5) 16 Entradas Analógicas 4-20mA
	140-ACO-130-00	4.072.402	Dos (2) módulos de 8 salidas analógicas 4-20mA
	140 DDI 353 10	3.781.480	Cinco (5) 32 PUNTOS DE ENTRADAS 24 V True low
	140-DAO84000	1.827.222	Tres (3) módulos de salida Digital 16 canales 110VAC
	140ARI03010	8.525.075	Cinco (5) módulos de 8 ENTRADA RTD TIPO NI o PT
140-DDO-843-00	1.464.064	Dos (2) 16 SALIDAS DISCRETAS 10-60 VDC	
TOTAL		86.094.886	

Tabla N° 71: Costos de Aire 3. Equipo activo

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
3 SWITCH Moxa	EDS-508-MM-SC	3.240.000	Switch industrial
TOTAL		3.240.000	

Tabla N° 72: Costos de Aire 3: conectores, cables, etc.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CAT 5E	6	59.340
Cable UTP CAT 5E	50	119.900
Patch cord UTP	12	117.648
Patch panel UTP	3	407.253
Conector SC Siecor MM	6	225.105
PATCH CORD SIMPLEX MM	3	189.966
patch panel fibra	1	390.999
Cable Coaxial	150	158.100
CONECTOR TAP PARA RED RIO	4	1.067.752
Conector tipo F para RG-6	20	1.783.560
TERMINADOR DE BUS PARA RED RIO	2	339.964
Gabinete para montaje de PLC	2	5.845.218
Gabinete para montaje de PCs	1	5.528.721
Total		16.233.526

19. GNA:

En la Tabla N° 73 se detallan estos costos.

Tabla N° 73: Costos de GNA

Equipo	cantidad	Precio (Bs)
Conector SC Siecor MM	6	225.105
PATCH CORD SIMPLEX MM	3	189.966
Patch panel Fibra Óptica	1	390.999
Total		806.070

20. SISI

Se deben comprar para el PLC de SISI una (1) tarjeta NOE para poder conectarlas a la Red de Nivel 1. En SISI hay un PLC pero solo es CPU y CPS. Hay dos Adquisidores y el Servidor Phindows un patch panel RJ 11 y el sistema de los Modem que es un ASM-MN-214 para tarjetas ASM 10/8/R, de 14 slots que sería suficiente para las plantas que se proponen. Los equipos agregados al diagrama de automatización arrojan costos que son de aproximadamente 130,5 millones de bolívares, e incluyen todos los elementos del diseño propuesto. En la Tabla N° 74 y 75 se detallan estos costos.

Tabla N° 74: Costos de SISI: equipos de red

Equipo	Marca	Precio (Bs)	Descripción
Agregar al PLC	NOE-771-00	1.538.454	Tarjeta de Red Ethernet 10/100Mb
10 Computador industr	Advantech	23.335.488	CPU IP4-2.2G PCA-6184E, ram 512 MB, DD 80 G
Computador industrial	IPC-610P4-260	2.855.174	DD 120 Gbits, MEMORIA 512 Mbits,PIV-2,2 GHz
4 Monitores Plasma	Hitachi	21.228.000	para amplia visualizacion monitores de 42''
8 Monitor LCD 19''	VIEWSONIC	16.493.864	
28 ADAPTADOR RED	PWLA8490MT	9.150.400	10/100/1000 Mbps con conexión UTP
Dos (2) Switch Cisco	WS-C2950-12	1.715.386	12 PUERTOS 10/100 UTP
Switch Cisco 2950T-24	WS-C2950T-24	2.331.610	24P 10/100UTP Y 2 10/100/1000 base x
Switch WS-3550-12G	WS-3550-12G	16.128.000	10GBIC ports y 2 10/100/100 Base T
4 Modulos SM	WS-5486	6.331.320	Modulo GBIC para 1000Base LX/LH SM
1 Modulos Conversor	WS-5483	628.445	Modulo Gigaethernet para Cable UTP
8 Tarjetas ASM-10/8/R	ASM10/8	6.973.224	Short-range, Sinc/Asin 19.2 kbps. D= 28Km-24awg
Bridge/MUX	NW-BM85-000	3.590.878	Para ir de MB plus a Modbus
Armario metalico	RITTAL	6.263.906	Medidas 2000x800x600mm
Gabinete para Redes	RITTAL	5.177.222	
Fuente de Poder, UPS	data power	2.500.000	UPS ON LINE con autonomía de 28 minutos.
Total		126.241.371	

Nota: No se incluye el precio del Switch 3750G-24TS-S ni sus módulos SFP para Cx de Fibra.

Tabla N° 75: Costos de SISI. Cables y conectores.

Equipos	Cantidad de unidades	Precio (Bs)
COUPLER RJ45 CAT 5E	30	296.700
Cable UTP CAT 5E	150	359.700
Patch cord UTP	60	588.240
Patch panel UTP	5	678.755
conectores SC para SM	16	928.112
Patch Fibra LC a SC SM 3M	4	1.400.000
Total		4.251.507

ANEXOS-IVISION

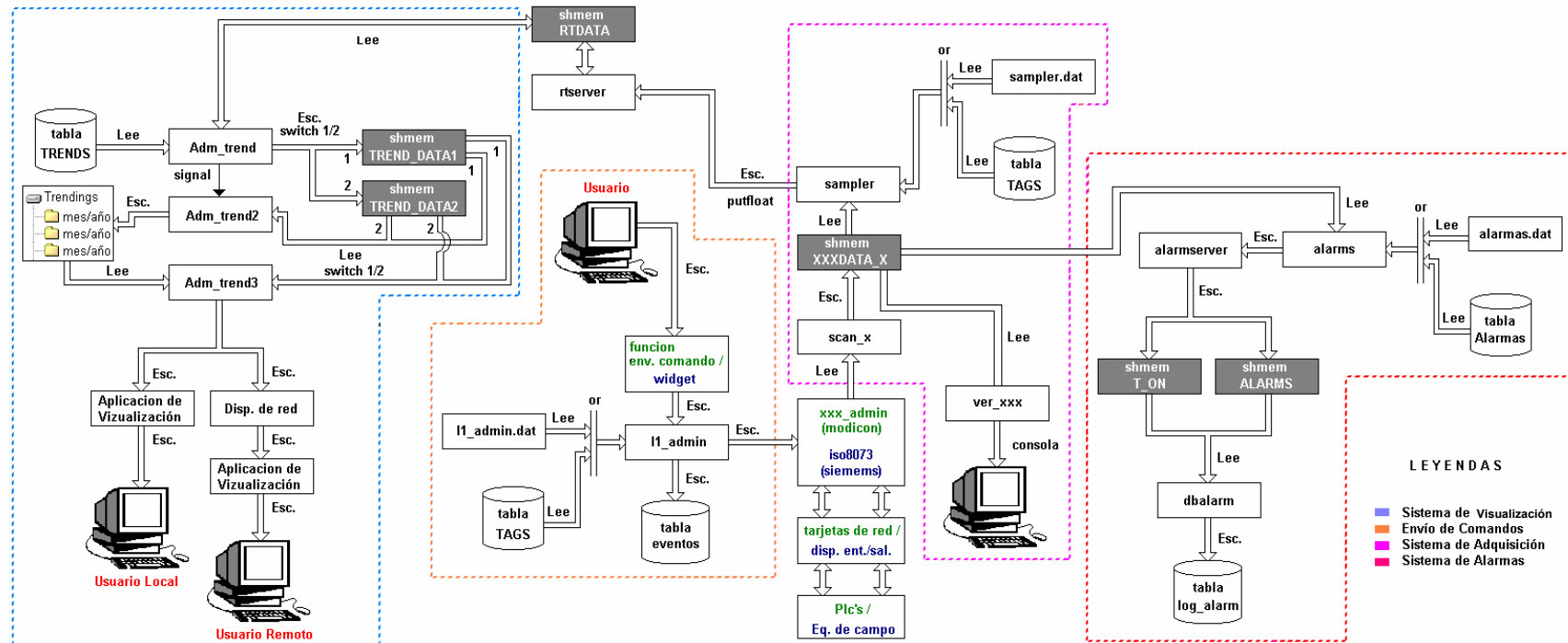


Figura N° 61: Estructura del Ivisión

ANEXOS-FIBRA ÓPTICA



Figura N° 62: Fibra Óptica; BX-Series Breakout Cables

Fiber Specifications Guide	WLS 62.5/125 Standard (850/1310)	WLX 62.5/125 XL (850/1310)	ALS 50/125 Standard (850/1310)	ALX 50/125 XL (850/1310)	ALT 50/125 Ten-300 (850/1310)	ALE 50/125 Ten-500 (850/1310)	SLS Single-Mode Conventional (1310/1550)	SLX Single-Mode Low Water-Peak (1310/1550)	
Gigabit Ethernet Distance (m)	300/600	500/1000	600/600	750/600	1000/600	1040/600	Far exceeds distance requirements of TIA-568-B.1-3		
10-Gigabit Ethernet Distance (m)	—	—	—	150/300	300/300	500/300	Far exceeds distance requirements of TIA-568-B.1-3		
Maximum Attenuation (dB/km)	3.5/1.0	3.0/1.0	3.5/1.0	3.0/1.0	3.0/1.0	3.0/1.0	0.5/0.5	0.5/0.5	
Minimum Laser Bandwidth* (MHz-km)	220/500	385/500	510/500	950/500	2000/500	4000/500	—	—	
Minimum LED Bandwidth** (MHz-km)	200/500	200/500	500/500	700/500	1500/500	3000/500	—	—	
Fiber Part Number Code	WLS	WLX	ALS	ALX	ALT	ALE	SLS	SLX	
* Effective Modal Bandwidth, per TIA/EIA-492AAAC and draft IEC 60793-2-10 for type A1a.2, ensured by DMD performance specifications for sources meeting launch conditions specified in 10 Gigabit Ethernet (IEEE 802.3ae), OIF OC-192/STM-64 VSR-4-04, and draft 10 Gigabit Fibre Channel (10GFC).							Standards Compliance 62.5/125 Standard and XL 50/125 Standard and XL 50/125 Ten-300 and Ten-500 TIA-568-TIA-492 ISO/IEC 11801 B.3 AAAA OM1 B.3 AAAB OM2 B.3-A-1 AAAC OM3		
** Only for backward compatibility to LED based systems, overfilled launch bandwidth measurement, minimum.									
Many other fiber types, fiber bandwidth, and attenuation performances are available.									

Figura N° 63: Especificaciones técnicas de la Fibra Óptica

	Riser	Plenum
Minimum Bend Radius:		
Under Installation Tensile Load	15X outside diameter	15X outside diameter
Under Long-Term Tensile Load	10X outside diameter	15X outside diameter
Operating Temperature	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C
Storage Temperature	-55°C to +85°C	-40°C to +85°C
Crush Resistance	2,200 N/cm	2,100 N/cm
Impact Resistance	1,500 impacts	1,000 impacts
Flex Resistance	2,000 cycles	2,000 cycles
<i>These specifications are subject to change without prior notification.</i>		

Figura N° 64: Características generales de la Fibra Óptica

ANEXOS- EQUIPOS INALÁMBRICOS

Modelo	AIR-PTCPE500G	AIR-PTCPE500GH	AIR-PTCPE500A
Puerto Ethernet	10/100Base-TX (RJ-45)		
Frecuencia / Canal de operación	2.400 ~ 2.497GHz		5.15~5.35 & 5.725~5.850 GHz (US) 5.15~5.35GHz & 5.47~5.725GHz (EU)
Modulación RF	802.11g: OFDM (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM) 802.11b: DSSS (BPSK, QPSK, CCK)		802.11a: OFDM (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM)
Potencia de Salida RF	Regulable hasta 33dBm / 19dBm en Radio	Regulable hasta 38dBm/ 19dBm en Radio	Regulable hasta38dBm/ 19dBm en Radio
Sensibilidad	-97dBm@6Mb -73dBm@54Mb	-97dBm@6Mb -73dBm@54Mb	-97dBm@6Mb -73@54Mb
Velocidad de Datos	54, 48, 36, 24, 18, 12, 11, 5.5, 2, 1Mbps		
Modos de Operación RF	Access Point Bridging Access Point Client Gateway Wireless Routing Client Wireless Ethernet Adapter Point to Point Point to Multipoint		
Alcance	3 millas (5 Km)	10 millas (16 Km)	3 milas (5 Km)
Protección de Datos	WEP 64/128/152 - bit VLAN Filtrado de direcciones Mac IEEE 802.1x—TLS, TTLS, PEAP WPA-PSK y WPA-EAP, WPA2 (con técnicas de encriptación AES)		
Características avanzadas de Red	IP Routing - estático y dinámico, NAT y Port Forwarding (Sólo para Wireless Routing Client y modo Gateway) WDS - Wireless Distribution System PPPoE Client (Sólo para Wireless Routing Client y modo Gateway) PPTP para redes VPNs 802.1d Spanning Tree Protocol (STP) Función SNMP Servidor y Cliente DHCP Característica WMM (QoS) para archivos multimedia Tecnología VLAN Algoritmo Proprietario para Larga Distancia con ACK y función para ajuste del CTS timeout Filtrado de IP (Sólo para Wireless Routing Client y modo Gateway) Load Balancing & Fail-Over Redundancy (Sólo modo Gateway)		
Parámetros de Enlace	RSSI, Signal levels – para una sencilla alineación de la antenna del cliente Site Survey Datos estadísticos de la Radio y del tráfico Ethernet		
Gestión	Web, Telnet y utilidades basadas en Windows		
Sunimistro de Energía	Power over Ethernet - PoE (AC 110~220/DC12V)		
Dimensiones	10.75"x10.75"x2.6" pulg (267x267x67 mm)	18.5"x16.8"x2.5" pulg (470x 427x64mm)	10.75" x 10.75" x 2.6" (267x267x67mm)
Peso	12 Lb (5.5 Kg) set completo	18 Lb (8.2 Kg) set completo	12 Lb (5.5 Kg) set complete
Cable	Cable de 75' (25m) Outdoor CAT5E		
Humedad	-10-90%, (Operativo)		
Temperatura	-40 a 167 ° F (-40 a 75 ° C)		
Compatibilidad Electromagnética	FCC Parte 15 clase B, CE Mark, ETSI 300 328		
Características de la Antena			
Ganancia	14 dBi	19 dBi	19 dBi
Rango de Frecuencia	2400 – 2485 MHz		5150 – 5825 MHz
3db Beam Angle (Plano-E)	35 °	15 °	16 °
3dB Beam Angle (Plano-H)	36 °	20 °	16 °
Polarización	Horizontal o Vertical		

Figura N° 65: Especificaciones técnicas de equipos Netkrom

RADIO PARAMETERS	
Frequency of Operation	High Band (ISM Band): 5725 MHz to 5850 MHz Low Band (U-NII Band): 5250 MHz to 5350 MHz
Channels	High Band (ISM Band): 6 non-overlapping channels Low Band (U-NII Band): 5 non-overlapping channels
Modulation Format	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) with RAKE
Certification/Compliance	FCC Part 15.247, 15.407
Receiver Sensitivity (1E10-6 BER)	1600 byte packets: -83 dBm, 64 byte packets: -87 dBm
ANTENNA OPTIONS	
M5830S-AP-60	Integrated patch, 14 dBi, dual polarized, 60° x 10° beamwidth
M5830S-AP-EXT External Antenna Options (FCC Certified Models)	Sector antenna, 16 dBi, dual polarized, 90° x 8° beamwidth (Radiowaves part #SEC-55D-90-16) Sector antenna, 16 dBi, horizontally polarized, 120° x 8° beamwidth (Pacfic Wireless part #SAH57-120-16) Omni antenna, 12 dBi, vertically polarized, 360° x 7° beamwidth (Pacfic Wireless part #OD58)
DATA AND OPERATIONAL PARAMETERS	
Access Method	TDD with SmartPolling™
User Data Throughout	10 Mbps
Format	10/100 Base T
Network Protocols	All IEEE 802.3/802.3u compliant protocols
Configuration and Management	Telnet, SNMP, TFTP, HTTP
Upstream/Downstream Throughput	Dynamic, automatically adjusts to suit demand
Bandwidth Control	Committed Info Rate (CIR) and Maximum Info Rate (MIR) setting per subscriber unit
PHYSICAL INTERFACES	
Ethernet (via shielded RJ45)	10/100 BaseT, auto-sense, auto-negotiate
Serial (via RJ11)	9600 baud
Ethernet Packet	Up to 1600 byte long packets (supports VLAN/VPN pass through)
POWER PARAMETERS	
Power Method	Power-over-Ethernet (PoE) via DC voltage injected at PoE J-box
Voltage Input Limits into Radio	10.5 VDC – 24 VDC
Standard Power Supply	120 VAC to 24 VDC adapter
PoE Cat-5 Max Cable Length	300 feet on 24 AWG STP Cat-5 cable
Power	13.4 W
PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL	
Radio Enclosure	All-weather, powder coated, cast aluminum with polycarbonate radome
Temperature Range	-40° to 60° C (-40° to 140° F)
NEMA Rating	NEMA 4
Radio Dimensions	12.5" x 8" x 2.75"
Radio Weight	4 lbs.
User Interfaces	RJ45 (shielded) and RJ11

Figura N° 66: Especificaciones técnicas de equipos Trango Access 5830




SUBSCRIBER UNITS MODEL/RANGE CHART						
SU Model	Part Number	Max Range from AP (10 dB fade margin)	Antenna Gain	Beamwidth		
				Azimuth	Elevation	
 FOX5800	M5800S-FSU	4 miles	15 dBi	32°	18°	
 FOX5800-D	M5800S-FSU-D	10 miles (requires AD5800-25 dish)	25 dBi (with dish)	9°	9°	
 FOX5300	M5300S-FSU	2 miles	15 dBi	32°	18°	

Figura N° 67: Modelos de equipos Trango Fox 5800

RADIO PARAMETERS	
<i>Frequency of Operation</i>	FOX5800/FOX5800-D: 5725 MHz to 5850 MHz, FOX5300: 5250 MHz to 5350 MHz
<i>Channels</i>	FOX5800/FOX5800-D: 6 non-overlapping channels, FOX5300: 5 non-overlapping channels
<i>Antenna Polarizations</i>	Horizontal/vertical (software switchable)
<i>Modulation Format</i>	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) with RAKE
<i>Certification/Compliance</i>	FCC Part 15.247, 15.407
<i>Receiver Sensitivity (1E10-6 BER)</i>	1600 byte packets: -83 dBm, 64 byte packets: -87 dBm
<i>EIRP Max</i>	FOX5800: 36 dBm, FOX5800-D: 46 dBm (with reflector), FOX5300: 30 dBm
DATA AND OPERATIONAL PARAMETERS	
<i>Access Point Compatibility</i>	All FOX models: Access5830 AP, FOX5800 and FOX5800-D: Access5800 AP
<i>User Data Throughput</i>	10 Mbps
<i>Format</i>	10/100 Base T
<i>Network Protocols</i>	All IEEE 802.3/802.3u compliant protocols
<i>Configuration and Management</i>	Telnet, SNMP, TFTP, HTTP
<i>Upstream/Downstream Throughput</i>	Dynamic, automatically adjusts to suit demand
<i>Bandwidth Control</i>	Committed Info Rate (CIR) and Maximum Info Rate (MIR) setting per subscriber unit
PHYSICAL INTERFACES	
<i>Ethernet (via shielded RJ45)</i>	10/100 BaseT, auto-sense, auto-negotiate
<i>Reset Switch</i>	Resets radio to factory default: IP address, subnet mask, gateway and password
<i>LED Indicators</i>	7 LEDs including 4 RSSI
POWER PARAMETERS	
<i>Power Method</i>	Power-over-Ethernet (PoE) via DC voltage injected at PoE J-box
<i>Voltage Input Limits into Radio</i>	10.5 VDC – 24 VDC
<i>Standard Power Supply</i>	120 VAC to 20 VDC adapter
<i>PoE Cat-5 Max Cable Length</i>	300 feet on 24 AWG STP Cat-5 cable
<i>Current Draw/Power</i>	400 mA max (8 W), using 20V standard adapter
<i>Optional Power Supply</i>	90 VAC–264 VAC to output voltage of 24 VDC Model #DTS240083UDC-P5P-SZ available from CUI, www.cui.com
PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL	
<i>Radio Enclosure</i>	All-weather, polycarbonate
<i>Mounting Provision</i>	Mounts to wall or pole (1" diameter or greater)
<i>Temperature Range</i>	-40° to 60° C (-40° to 140° F)
<i>Radio Dimensions</i>	9.2" x 4.25" x 3.1"
<i>Radio Weight</i>	1 lb.
<i>User Interface</i>	RJ45 (shielded)

Figura N° 68: Especificaciones técnicas de equipos Trango Fox 5800

ANEXOS- MODEM RAD: ASM 10/8



Figura N° 69: Modem ASM 10/8. Full duplex” o semidúplex sobre cuatro cables, velocidades de datos hasta 19.2 kbps, alcance hasta 10 km (6.2 millas) a 19.2 kbps, Portadora controlada o continua, Diagnósticos V.54, Ecuador automático. El módem de corto alcance síncrono y asincrónico ASM-10/ ofrece inmunidad contra el ruido de fondo, elimina la distorsión normal de línea y permite la transmisión eficiente sobre un par trenzado. La unidad posee una interfaz V.24/RS-232 y está disponible como unidad de escritorio o como tarjeta para el bastidor de 19” (48.26 cm) ASM-MN-214 con capacidad para 14 tarjetas ASM-10/8/R.

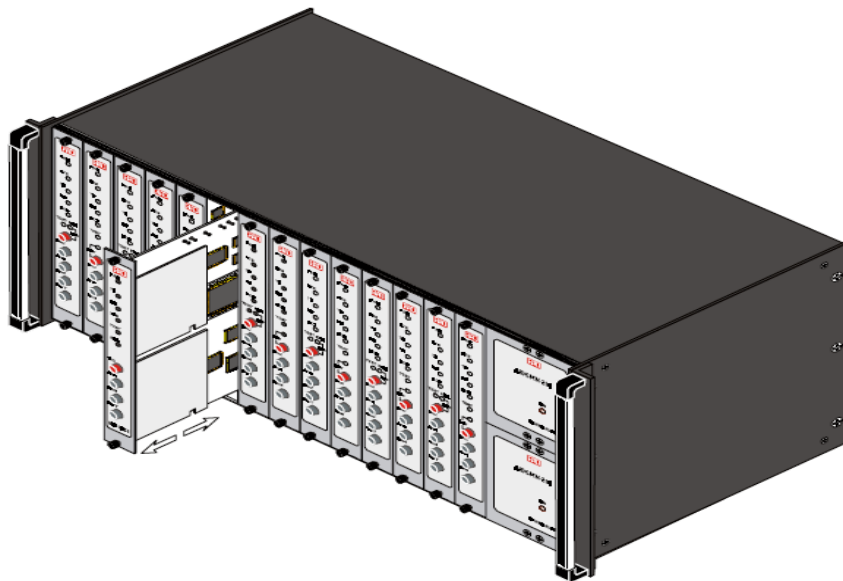


Figura N° 70: ASM-MN-214 Front Panel

ANEXOS-SWITCH-COMPUTADOR INDUSTRIAL



Figura N° 71: Switch serie Cisco Catalyst 3550



Figura N° 72: Switch Moxa: EtherDevice™ Switch EDS-508 Series

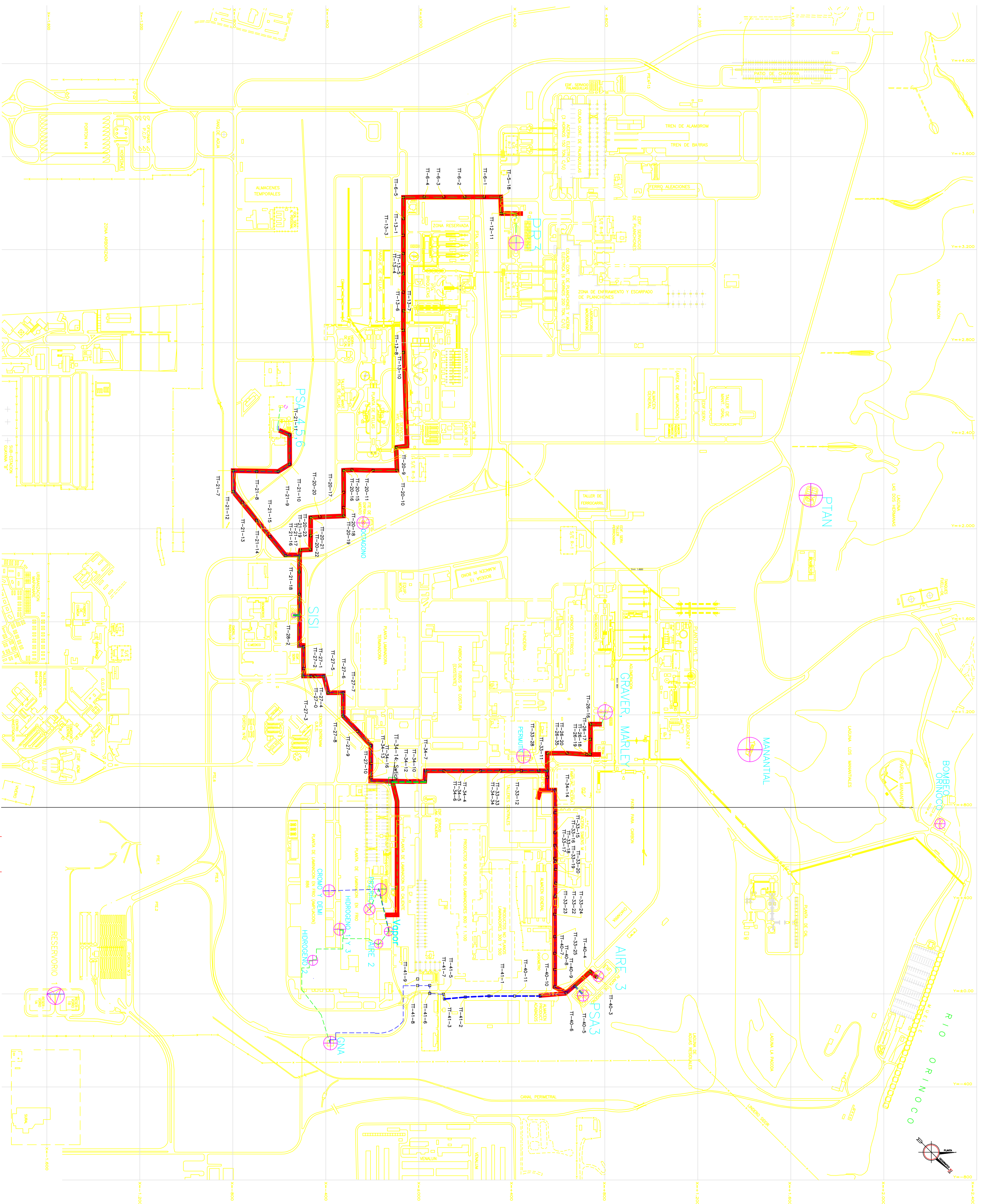


Figura N° 73: Industrial Media Converters IMC-101 Series



Figura N° 74: Computador Industrial: Advantech: IPC-610-F

ANEXOS-MAPAS



Legenda:

Fibra SM/MM ya instalado

Fibra SM/MM a instalar

Tanquillas telefonicas/Bancomatos

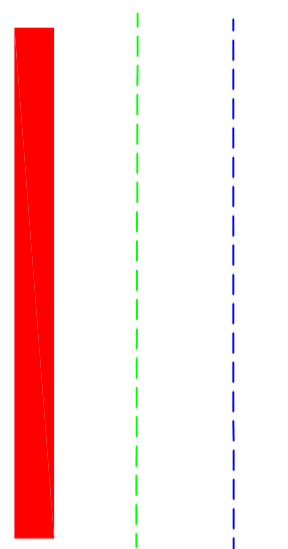


Diagrama Lógico de la Red de Automatización de Fluidos Industriales

