

Ingeniero Eléctrico

Harold Leonel Campaña Osejo

Octubre, 2001

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE INGENIERÍA

ESTUDIO DEL SISTEMA ELECTRICO IMPLEMENTADO EN LA
NUEVA ESTACION DE BOMBEO DE QUININDE

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICO

O

HAROLD LEONEL CAMPAÑA OSEJO

DIRECTOR: ING. ANTONIO BAYAS

Quito, Octubre 2001

DECLARACIÓN

Yo, Harold Leonel Campaña Osejo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

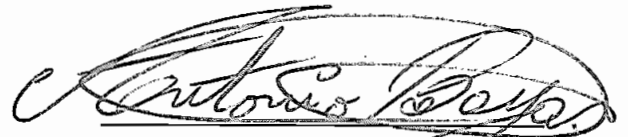
A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Harold Campaña Osejo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Sr. Harold Campaña Osejo, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Antonio Bayas", written over a horizontal line.

Ing. Antonio Bayas
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la elaboración del presente trabajo, por su ayuda total y desinteresada.

DEDICATORIA

A mi familia, por su paciencia.

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	1
CAPITULO I	7
1.1 OBJETIVO.....	7
1.2 ANTECEDENTES.....	7
1.3 INTRODUCCIÓN.....	8
CAPITULO II	10
2.1 MARCO TEORICO	10
2.1.1 DIAGRAMA UNIFILAR.....	10
2.1.2 SISTEMA POR UNIDAD	10
2.1.3 FLUJOS DE POTENCIA	12
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	16
CAPITULO III	20
3.1 SISTEMA ELECTRICO.....	20
3.2 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	22
3.3 TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	27
3.3.1 ACCESORIOS	28
3.3.2 PRUEBAS	29
3.4 INTERRUPTOR DE FALLAS EN VACIO.....	32
3.4.1 PRUEBAS	34
3.5 SWITCH DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA	35

3.5.1 SWITCH DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.....	35
3.5.1.1 Características	36
3.5.1.2 Requerimientos de diseño.....	36
3.5.2 SWITCH DE BYPASS-AISLAMIENTO	38
3.5.2.1 Características	38
3.6 EQUIPO DE ALTA RESISTENCIA PARA LA TIERRA DEL NEUTRO	39
3.6.1 REQUERIMIENTOS.....	39
3.6.2 ELEMENTOS NECESARIOS.....	40
3.6.3 RESISTOR DE TIERRA.....	41
3.6.4 EQUIPO DE CONTROL.....	41
3.6.5 CABLEADO.....	41
3.6.6 PRUEBAS	42
3.7 BATERIAS, CARGADORES E INVERSORES.....	44
3.7.1 ACCESORIOS BATERÍAS.....	45
3.7.2 CARGADOR DE BATERÍAS.....	46
3.7.3 DIMENSIONAMIENTO BATERÍAS	48
3.7.4 DIMENSIONAMIENTO DEL CARGADOR DE BATERÍAS	48
3.7.5 INVERSOR ESTÁTICO.....	49
3.8 GENERADOR EN STANDBY.....	50
3.8.1 MOTOR.....	51
3.8.2 GENERADOR	51

3.8.3 ELEMENTOS DE CONTROL.....	54
3.8.4 PRUEBAS.....	57
3.9 MOTORES DE INDUCCIÓN – 250 HP Y MENORES.....	59
3.9.1 EFICIENCIA.....	60
3.9.2 CONDICIONES DE DISEÑO DE CORRIENTES Y TORQUE.....	61
3.9.3 RODAMIENTOS DEL MOTOR Y SU LUBRICACIÓN.....	61
3.9.4 DEVANADOS Y ROTORES DEL MOTOR.....	62
3.9.5 CALENTADORES DE ESPACIO.....	62
3.9.6 ACCESORIOS.....	62
3.9.7 CAJAS TERMINALES.....	63
3.9.8 TERMINALES DEL MOTOR.....	64
3.9.9 PRUEBAS.....	64
3.10 REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS DE LOS EQUIPOS.....	65
3.10.1 ELEMENTOS, EQUIPO TIPO CONDUIT Y ACCESORIOS.....	65
3.10.2 CABLEADO DE LOS EQUIPOS.....	66
3.10.3 SENSORES E INSTRUMENTACIÓN.....	67
3.10.4 EQUIPO DE CONTROL PARA LOS MOTORES.....	67
3.10.5 DISPOSITIVOS DE CIERRE.....	68
3.10.6 DISEÑO ELÉCTRICO DEL EQUIPAMIENTO.....	68
3.10.7 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO.....	69
3.10.8 CABLEADO DE EQUIPOS.....	70

3.10.9 IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y SEÑALES DE ADVERTENCIA.....	71
TABLA 1: CODIGOS DE COLOR PARA CABLES DE CONTROL	72
CAPITULO IV.....	73
4.1 SISTEMA DE CONTROL.....	73
4.2 INSTRUMENTACION SUMINISTRADA CON EQUIPO PREFABRICADO. 73	
4.2.1 RESPONSABILIDAD DEL PROVEEDOR.....	73
4.2.2 INSTRUMENTACIÓN MONTADA EN EQUIPO.....	76
4.2.3 INSTRUMENTACIÓN: CRITERIOS DE DISEÑO	78
4.2.4 DIRECTRICES PARA CONEXIONES DE INSTRUMENTOS.....	80
4.2.4.1 INSTRUMENTOS INDICADORES DE PRESIÓN	80
4.2.4.2 INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE FLUJO	80
4.2.4.3 INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN DE NIVEL	81
4.2.5 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE INSTRUMENTOS	81
4.2.6 CONEXIONES EN CAMPO	82
4.2.7 TUBERÍA DE PROCESO PARA INSTRUMENTACIÓN	83
4.2.8 SUMINISTRO DE AIRE PARA INSTRUMENTACIÓN.....	83
4.2.9 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	84
4.2.10 LISTA DE INSPECCIÓN	85
4.3 PLC'S – CONTROLADORES.....	87
4.3.1 OPERACION GENERAL.....	87

4.3.2 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL	87
4.3.3 ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR	90
4.3.3.1 Módulo del CPU.....	90
4.3.3.2 Fuente de poder	91
4.3.3.3 Módulo de Entradas / Salidas Analógicas.	91
4.3.3.4 Módulo de entradas / salidas digitales.....	92
4.3.3.5 Módulo de salida digitales tipo relé.....	92
4.3.4 SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL.....	93
4.3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS ANALÓGICOS.....	95
4.3.6 CÁLCULOS Y OPERACIONES	96
4.4 PROGRAMACIÓN DE PLC'S.....	97
4.4.1 METODOS.....	97
4.4.2 LÓGICA DE DIAGNÓSTICO.....	100
4.4.3 PRUEBAS	101
4.5 PANELES DE CONTROL.....	104
4.6 SISTEMA DE CONTROL DE LA ESTACION.....	111
4.6.1 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA ESTACIÓN	115
4.6.1.1 Procesamiento de Datos Analógicos.....	121
4.6.1.2 Organización y tipos de despliegues (displays).....	121
4.6.1.3 Operaciones de la interfase del operador.....	122

4.6.1.4 Parada de emergencia	123
4.7 FILOSOFIA DE CONTROL PARA LA ESTACION DE BOMBEO.....	124
4.7.1 SISTEMA ELECTRICO	124
4.7.2 CONTROL Y OPERACION DE LAS BOMBAS.....	124
4.7.2.1 Requisitos Generales para el Control de las Bombas	124
4.7.3 ARRANQUE CON LA ESTACIÓN DE BOMBEO COMPLETAMENTE FUERA DE LÍNEA.....	126
4.7.4 REEMPLAZO DE UNA UNIDAD EN OPERACIÓN CON LA UNIDAD STANDBY	128
4.7.5 SISTEMA DE CONTROL DE LA ESTACION	129
CAPITULO V.....	132
5.1 FLUJO DE CARGA.....	132
CAPITULO VI.....	135
6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
6.1.1 CONCLUSIONES.....	135
6.1.2 RECOMENDACIONES	139
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	141
ANEXOS	142

CAPITULO I

1.1 OBJETIVO

Este trabajo tiene por objetivo desarrollar los elementos principales con los cuáles se diseñó, adquirió y construyó la nueva estación de bombeo de Quinindé para PETRO OLEODUCTO, así mismo, hacer referencia a los diferentes aspectos que llevaron a desarrollar el proyecto y la concepción bajo la cual fue construido. Este trabajo tratará de los aspectos más importantes de la parte eléctrica y de sistemas de control del proyecto, esto es, se desarrollarán los elementos de diseño y los requerimientos que deberían cumplir todos los elementos que son parte del equipamiento de soporte de la parte principal de la nueva estación, es decir, los grupos principales de bombeo.

Se tratará de comprobar de alguna manera el diseño eléctrico de la estación, mediante la corrida de flujos de carga, interpretar los resultados y sugerir si es el caso mejorías en el diseño. Este trabajo tratará no solo hacer una comprobación, sino demostrar que no solo compañías extranjeras pueden realizar éste tipo de trabajo, sino que en el Ecuador existen profesionales con la suficiente capacidad y experiencia para desarrollar trabajos de la envergadura de éste proyecto. Luego del desarrollo de éste trabajo se sacaran las conclusiones correspondientes.

1.2 ANTECEDENTES

La construcción de ésta estación de bombeo se constituyó en algo novedoso dentro de la realización de la ingeniería para instalaciones de ésta naturaleza, pues en los últimos años no se ha realizado algo similar. Durante el estudio para escoger el sistema de bombeo actual de la estación Quinindé (accionamiento de bombas por medio de motores de combustión interna), se estudiaron varias alternativas para incrementar y controlar el flujo de crudo a través del SOTE. La primera fue la utilización de motores de combustión interna de velocidad constante para controlar el flujo mediante una válvula de control; la segunda alternativa fue la utilización de motores eléctricos controlados con variadores de velocidad a 13.8 kV y la tercera opción fue la utilización de bombas manejadas

con motores de combustión interna pero de velocidad variable. Esta última fue la escogida pues para ese entonces era la alternativa tanto técnica como económicamente más viable, ya que los motores utilizan como combustible crudo liviano, que cuando se realizó el estudio tenía un precio bajo (aproximadamente 7 dólares por barril), y el control de velocidad es muy confiable.

La segunda alternativa se la desechó, en primer lugar por el costo que representaba la operación de los motores eléctricos (3 motores de 3000 HP funcionando simultáneamente) en comparación con los motores de combustión interna, se sumó a esto la falta de confiabilidad del sistema eléctrico en el país.

Para el funcionamiento del sistema escogido es necesario el diseño de todo un conjunto de apoyo para el sistema de bombeo principal, sistema que deberá ser altamente confiable, pues la estación de bombeo de Quinindé es vital para sostener e incrementar el flujo de crudo a través del SOTE.

1.3 INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de éste trabajo, se ha tomado como base las especificaciones generales con las cuales se desarrolló la ingeniería de la estación de bombeo, así como también de los diagramas y esquemas eléctricos con que se construyó la estación, sobre la base de ésta información se pretende analizar el comportamiento del sistema eléctrico que conforma la estación.

El sistema se analizará tanto para condiciones de diseño, es decir, funcionando todas las cargas bajo el estado de demanda máxima y en condición normal de funcionamiento, es decir, cuando ciertos equipos están sin funcionar, no se consideran por ejemplo motores que funcionan como respaldo de otros, ni los equipos auxiliares asociados a una de las unidades de bombeo principales, que de acuerdo a la filosofía de operación del sistema no deben estar en operación simultánea.

Para la obtención de los flujos de carga se ha utilizado el software denominado Charp7©, el cual para su funcionamiento es necesario suministrar todos los datos

en "por unidad", para esto se debe conocer los datos de las líneas, cargas y elementos que conforman el sistema eléctrico.

El sistema será analizado desde la acometida de alta tensión a los transformadores principales, pero únicamente desde el tramo comprendido desde el último poste (no está tomada en cuenta la parte aérea de la línea), se estudiará el sistema eléctrico de la estación de bombeo sin tomar en cuenta el transformador de reserva, pues según la filosofía de operación el uno sirve de respaldo del otro. Igualmente no se tomará en cuenta el generador de emergencia, ya que este no influye en el análisis en condiciones normales y de diseño del sistema, tampoco se tomará en cuenta los elementos de corte como son interruptores en vacío, breakers, switches de transferencia ni elementos de aislamiento de barras.

CAPITULO II

2.1 MARCO TEORICO

A continuación se describen los elementos básicos con los cuales se realiza el flujo de carga, son elementos teóricos que nos ayudan a entender de alguna manera el tema.

2.1.1 DIAGRAMA UNIFILAR

Para el análisis del sistema y la simulación es necesario la realización de un diagrama unifilar, en éste caso el software utilizado no nos proporciona la facilidad para realizar uno automáticamente.

El diagrama unifilar es la representación del sistema a ser estudiado, es la representación simplificada de un sistema trifásico equilibrado como un circuito monofásico. La finalidad de un diagrama unifilar es proporcionar de manera sencilla y concisa los datos más significativos e importantes de un sistema. La información que se representa en el diagrama depende del estudio que se está realizando.

2.1.2 SISTEMA POR UNIDAD

El presente trabajo pretende, además, analizar el sistema y su comportamiento en condiciones totalmente operativas, es decir, con la carga de diseño totalmente conectada al sistema, para de ésta manera saber con la mayor precisión posible el estado del sistema en condiciones normales.

Para simplificar los cálculos y facilitar el análisis del sistema para éste tipo de estudio se utiliza el sistema Por Unidad, es decir, se transforman los valores reales de las variables e impedancias (Voltios, Amperios, Ohmios) a una nueva magnitud llamada "por unidad" (p.u.). Esta magnitud resulta de dividir el valor real de la variable entre un valor base o de referencia de la misma (un valor razonable), el cual tiene una unidad igual a la del valor real resultando un número adimensional.

$$\text{Variable en p.u.} = \frac{\text{valor real de la variable}}{\text{valor base de la variable}}$$

La utilización del sistema por unidad tiene muchas ventajas, entre ellas:

- Las impedancias de las máquinas rotativas y transformadores son del mismo orden independiente del tamaño de los mismos.
- Permite detectar fácilmente los errores de cálculo.
- Reducir el empleo de la $\sqrt{3}$ en los cálculos trifásicos.
- Evitar la referencia de cantidades de uno a otro lado de los transformadores.
- Evitar el trabajo con cantidades demasiado grandes, disminuyendo los errores.

Generalmente los fabricantes especifican las impedancias de los equipos eléctricos en por unidad o en porcentaje.

La elección aleatoria de dos cantidades (voltaje y potencia) como valores bases, fijan al mismo tiempo los demás valores base necesarios (corriente, impedancia). Las ecuaciones para la impedancia base y corriente base son:

$$Z_{base} = \left(\frac{V_{base}^2}{S_{base}} \right)$$

$$I_{base} = \left(\frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot V_{base}} \right)$$

Respetando ciertas condiciones al seleccionar los valores base (como voltaje base igual al voltaje línea a línea del sistema), las leyes y relaciones eléctricas más utilizadas tales como la ley de Ohm, leyes de Kirchhoff, ley de potencias, etc.; se cumplen igual que en un circuito monofásico de corriente alterna.

Por lo general la impedancia en por unidad de un elemento del sistema es expresada en una base distinta que la seleccionada como base en el estudio (transformadores, generadores y motores), por lo que es necesario cambiarla a la nueva base utilizando la ecuación:

$$Z_{p.u. \text{ nueva}} = Z_{p.u. \text{ vieja}} \cdot (V_{\text{base vieja}} / V_{\text{base nuevo}})^2 \times (S_{\text{base nueva}} / S_{\text{base vieja}})$$

Donde:

$Z_{p.u. \text{ vieja}}$ = Impedancia de placa del equipo.

$V_{\text{base vieja}}$ = Tensión nominal del equipo.

$V_{\text{base nuevo}}$ = Tensión base del sistema.

$S_{\text{base vieja}}$ = Potencia nominal del equipo.

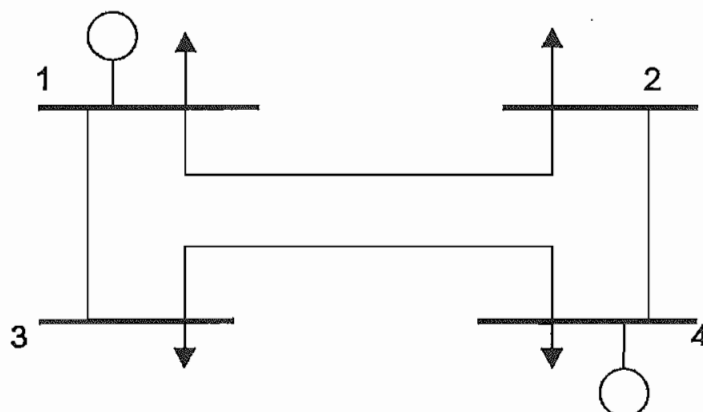
$S_{\text{base nuevo}}$ = Potencia base del sistema.

2.1.3 FLUJOS DE POTENCIA

Toda red eléctrica puede representarse con un sistema de ecuaciones propio, por lo que lo más importante es utilizar un método numérico adecuado para resolverlo.

Por comodidad en el análisis de Flujo de Potencia se toma una de las barras (nodo) de la red como la de compensación; ésta barra sirve como referencia para los valores de todas las demás barras. Entonces, no hay necesidad de incluir la ecuación de ésta barra en el análisis.

Aplicado al Análisis del Flujo de Potencia con el Método Gauss- Seidel



Para un sistema de 4 barras, en donde la barra 1 es la de compensación, requiere solo de 3 ecuaciones para su completa definición.

De la Ley de Ohm ($V=IR$) y la definición de potencia compleja ($S=VI^*$) se puede decir que:

$$V = IR \Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{1}{R} \times V = \left(\frac{S}{V}\right)^* \Rightarrow Y \times V = \left(\frac{S}{V}\right)^*$$

, o en forma matricial:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{bmatrix}}_{Y_{BUS}} \times \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{P_1 - Q_1j}{V_1^*} \\ \frac{P_2 - Q_2j}{V_2^*} \\ \frac{P_3 - Q_3j}{V_3^*} \\ \frac{P_4 - Q_4j}{V_4^*} \end{bmatrix}$$

Como el nodo 1 es la barra de compensación, el sistema de ecuaciones queda de la siguiente forma:

$$\begin{cases} Y_{22}V_2 + Y_{23}V_3 + Y_{24}V_4 = \frac{P_2 - Q_2j}{V_2^*} - Y_{21}V_1 \\ Y_{32}V_2 + Y_{33}V_3 + Y_{34}V_4 = \frac{P_3 - Q_3j}{V_3^*} - Y_{31}V_1 \\ Y_{42}V_2 + Y_{43}V_3 + Y_{44}V_4 = \frac{P_4 - Q_4j}{V_4^*} - Y_{41}V_1 \end{cases}$$

Aplicando el método numérico de Gauss-Seidel para resolver éste sistema de ecuaciones lineales y obtener los valores de voltaje (módulo y ángulo) en cada nodo de la red.

La experiencia con el método Gauss-Seidel para la solución de Flujo de Potencias ha mostrado que se puede reducir el número de iteraciones requeridas si el valor absoluto de la diferencia de voltajes de dos iteraciones sucesivas se multiplica por

alguna constante. El multiplicador que lleva a cabo ésta convergencia mejorada se llama factor de aceleración(a).

$$V_{\text{mejorado}}^{(n)} = V_{\text{no mejorado}}^{(n-1)} + a \left| V_{\text{no mejorado}}^{(n)} - V_{\text{no mejorado}}^{(n-1)} \right|$$

La elección de éste factor adecuado a menudo se determina por tanteo.

Aplicado al Análisis del Flujo de Potencia con el Método Newton- Raphson

La fórmula de Newton Raphson:

$$x^{(i+1)} = x^{(i)} - \frac{f(x^{(i)})}{f'(x^{(i)})}$$

se puede expresar de la siguiente forma:

$$f'(x^{(i)}) \times \Delta x = f(x^{(i)}), \text{ donde } \Delta x = x^{(i)} - x^{(i+1)}$$

Generalizando para varias variables y en forma matricial, se tiene:

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \vdots \\ \Delta x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \vdots \\ f_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{bmatrix}$$

Matriz Jacobiana (J)

Si ésta matriz Jacobiana es trasladada al lado derecho de la ecuación, se pueden obtener los incrementos entre iteraciones de cada una de las incógnitas.

Por la ley de Ohm y la definición de potencia compleja en una barra i , se puede decir que:

$$S_i = P_i + Q_i j \Rightarrow S_i^* = P_i - Q_i j = (V_i \times I_i^*)^* = V_i^* \times I_i$$

$$\Rightarrow P_i + Q_i j = V_i^* \times \sum_{n=1}^N Y_{in} \times V_n = \sum_{n=1}^N |Y_{in} \times V_i \times V_n| \angle [\theta_{in} + \delta_n - \delta_i]$$

$$\Rightarrow P_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in} \times V_i \times V_n| \times \cos[\theta_{in} + \delta_n - \delta_i]$$

$$\text{y: } Q_i = \sum_{n=1}^N |Y_{in} \times V_i \times V_n| \times \text{sen}[\theta_{in} + \delta_n - \delta_i].$$

en donde las incógnitas son: δ_n y V_n con $n= 1,2,\dots,N$ y N es la cantidad de nodos de la red.

A excepción de la barra de compensación, cada uno de los nodos es representado por una ecuación de P y su correspondiente de Q .

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \Delta\delta_2 \\ \vdots \\ \Delta\delta_n \\ \Delta V_2 \\ \vdots \\ \Delta V_n \end{bmatrix}}_{\text{Corrección}} = \underbrace{\begin{bmatrix} P_2 \\ \vdots \\ P_n \\ Q_2 \\ \vdots \\ Q_n \end{bmatrix}}_{\text{Potencia}} \times \underbrace{\begin{bmatrix} \frac{\partial P_2}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_2}{\partial V_2} & \dots & \frac{\partial P_2}{\partial V_n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial P_n}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial \delta_n} & \frac{\partial P_n}{\partial V_2} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial V_n} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2}{\partial V_2} & \dots & \frac{\partial Q_2}{\partial V_n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_n}{\partial V_2} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial V_n} \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_2} & \dots & \frac{\partial Q_2}{\partial \delta_n} & \frac{\partial Q_2}{\partial V_2} & \dots & \frac{\partial Q_2}{\partial V_n} \end{bmatrix}}_{\text{Matriz Jacobiana (J)}}^{-1}$$

Juntando todas las ecuaciones se puede aplicar el método de Newton-Raphson para resolver este sistema no lineal y obtener los valores de voltajes (módulo y ángulo) en cada nodo de la red.

$$\frac{\partial P}{\partial V} \cong 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial Q}{\partial \delta} \cong 0 \quad \text{donde } \delta \text{ es el ángulo de voltaje}$$

y V el módulo de voltaje.

Debido a que una variación en el ángulo del voltaje no afecta, en gran medida, la potencia reactiva (Q) y a que un cambio en el módulo del voltaje no afecta en gran medida la potencia real (P), se puede decir que:

Esto, que representa el concepto del Método Desacoplado, reduce significativamente los cálculos necesarios para la matriz Jacobiana, obteniendo

una muy eficaz aproximación al considerar nulos los términos en los que se puede aplicar ésta suposición.

Cuando se resuelve un sistema de transmisión de gran escala, el Método Desacoplado de flujo de potencia representa una buena alternativa para reducir el tiempo de cálculo.

El propósito de la obtención de los flujos de carga es determinar con la mayor precisión posible los voltajes en estado estacionario de todas las barras del sistema en estudio, y a partir de éste cálculo obtener los flujos de potencia activa y reactiva de todas y cada una de las líneas y transformadores que forman parte del sistema eléctrico de la estación, todo esto con el supuesto del conocimiento de las condiciones de generación y de todas las cargas conectadas a las diferentes barras.

De los resultados obtenidos mediante el software básicamente nos permitirá conocer el tap de los transformadores, la potencia de salida tanto activa como reactiva de generadores, en nuestro caso verificar la potencia del transformador principal de la estación, además, de comprobar si los diferentes alimentadores están sobrecargados o no, nos podrán proporcionar información para el planeamiento de futuras expansiones del sistema y finalmente determinar y sugerir cual es la mejor condición o condiciones del sistema analizado.

2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto en general nace de la necesidad de lograr sacar la producción de crudo de ARCO Oriente y su socio AGIP, de alrededor de 40000 barriles diarios, producción que antes de realizarse el proyecto estaba sujeta a la disponibilidad del cupo asignado por PETRO-OLEODUCTO para ARCO que era unos 15000 barriles de crudo por día como máximo, pues el SOTE estaba saturado transportando el crudo para las demás empresas privadas y transportando obviamente la producción de PETROPRODUCCION.

En éstas circunstancias y con la producción de AGIP reprimida, se hizo imperativo la ejecución del proyecto de ampliación.

El momento que AGIP Oil Ecuador, iniciara la inyección de crudo al SOTE, se crearían serias restricciones en los volúmenes que transportaba el SOTE desde Lago Agrio y por lo tanto en los volúmenes que trataría de inyectar AGIP Oil.

El estudio permitiría conocer la verdadera magnitud del proyecto y así determinar las posibles mejoras en el SOTE para poder incrementar la capacidad total de transporte del oleoducto.

A finales del tercer trimestre de 1998, se tenía delineado totalmente un plan para incrementar la capacidad de transporte del SOTE desde Lago Agrio hasta Balao, consistente en nuevas instalaciones y de las modificaciones que fuesen necesarias en las instalaciones existentes a lo largo del trazado del oleoducto, esto permitiría transportar crudo no solo por AGIP sino por las demás operadoras privadas y PETROPRODUCCION, viéndose de ésta manera incrementados los ingresos fiscales.

El proyecto consistía en mejorar todas las estaciones del Sistema de Oleoductos Trans-Ecuatoriano (SOTE) con el objetivo único de poder incrementar la capacidad de transporte en 60.000 barriles de crudo por día; incremento de capacidad dividido en dos sectores del oleoducto, el primero desde Lago Agrio hasta Baeza en donde el incremento en la capacidad del transporte del oleoducto sería de 20.000 barriles de crudo por día y el segundo sector desde Baeza crecería en un volumen de inyección de 40.000 barriles por día; es decir, éste segundo sector permitiría inyectar al oleoducto la capacidad total de producción de AGIP, pues cerca de la Estación de Baeza de Petro-oleoducto estaba el Terminal de Baeza que es donde se almacena el crudo de AGIP para luego ser inyectado al SOTE.

Para la implementación por parte de AGIP de las mejoras en las instalaciones existentes del oleoducto, sería necesario efectuar una serie de modificaciones, adición y sustitución de equipos en dichas instalaciones, así como, y lo más importante de todo el proyecto que sería la construcción de una nueva estación de bombeo cerca de Quinindé. Todas y cada una de las mejoras y modificaciones propuestas eran necesarias para poder alcanzar el incremento de

volumen propuesto, pero la Estación Quinindé era la verdaderamente necesaria para poder alcanzar el incremento en el volumen de transporte del oleoducto.

Las mejoras y modificaciones en las instalaciones existentes del SOTE incluirían a las estaciones de bombeo y las estaciones reductoras de presión instaladas a lo largo del oleoducto, así el proyecto incluiría el aumento de una unidad de bombeo en cada una de las estaciones de bombeo existentes, esto es, Lago Agrio, Lumbaqui, Salado, Baeza y Papallacta, además, en las estaciones de bombeo de Baeza y Papallacta era necesaria una "repotenciación" de todas las unidades de bombeo existentes. Con las nuevas unidades de bombeo en todas las estaciones de bombeo, sumado a esto la repotenciación de las unidades existentes en Baeza y Papallacta, se obtendría la potencia necesaria para bombear el incremento de volumen de 60 000 barriles de crudo por día sobre la cordillera de los Andes.

Una vez superada la cordillera de los Andes, era necesaria hacer modificaciones en las estaciones reductoras de presión del lado occidental de los Andes, éstas modificaciones consistían en reemplazar todas las válvulas de control; que según un estudio previo estaban subdimensionadas y no podrían manejar el nuevo volumen de crudo proveniente de las estaciones de bombeo; las estaciones reductoras de presión involucradas serían las de San Juan, Chiriboga y Santo Domingo; la estación reductora La Palma no fue considerada pues se encuentra en by pass desde hace algún tiempo por motivos operacionales del oleoducto, y por supuesto la parte más importante del proyecto la construcción de la nueva estación cerca de Quinindé.

En las estaciones reductoras de presión se necesitaban de válvulas de control de mayor tamaño para de reducir la caída de presión y obtener un mejor control en las estaciones, todo esto dirigido a permitir el paso del incremento de volumen de transporte por el oleoducto. Todas éstas modificaciones y mejoras en las estaciones de bombeo y las estaciones reductoras de presión, permitirían que la nueva Estación de Bombeo de Quinindé pueda operar con los nuevos grupos de bombeo, actuando sobre todo el oleoducto y de esta manera arrastrar el crudo hasta Quinindé. La nueva estación incrementaría la presión en el último tramo del

oleoducto para poder vencer la última elevación del terreno hasta su llegada al terminal de Balao.

CAPITULO III

3.1 SISTEMA ELECTRICO

Este trabajo se centrará en la descripción de la nueva estación de bombeo en Quinindé, lo primordial de esta estación es servir a los tres grupos de bombeo *principales* que están compuestos por motores de combustión interna de 4250 HP que funcionan con crudo (principal) o diesel como combustible con todo su equipo auxiliar y de apoyo para la operación de bombeo.

El sistema consta de una línea de transmisión aérea de 13.8 kV, cuya extensión es de aproximadamente 2.5 Km., ésta nueva línea es aérea, radial y trifásica y fue construida utilizando conductor 1*3/C #2 AWG ACSR, postes de hormigón y herrajes galvanizados; el diseño de ésta línea contempla la medición de energía en alta tensión y la iluminación en el tramo a la llegada de la estación, mediante lámparas de vapor de sodio de 70 W.

En la entrada de la estación la acometida será tipo subterráneo, ésta línea proveerá la energía necesaria para alimentar a toda la Estación de Bombeo, la línea alimentara a dos transformadores de 13.8 kV / 480 V de 1288 KVA a través de un interruptor de fallas en vacío de doble circuito, dichos transformadores estarán solidamente puestos a tierra a través de una resistor.

Un transformador estará trabajando mientras el otro estará en stand by, en el caso que se interrumpa el suministro de energía eléctrica el sistema contará con un generador de emergencia de 800 kW a 480 V que alimentará a los circuitos considerados los mínimos esenciales para el funcionamiento de la estación, los sistemas normales y de emergencia serán seleccionados a través de Switch de Transferencia Automático. El transformador que esté sirviendo a la estación alimentará a un Centro de Control de Motores, el cual está dividido en alimentadores y arrancadores para todos los elementos que componen la estación de bombeo, dicho Centro de Control de Motores está dividido básicamente en tres barras, dos de ellas dedicadas al funcionamiento de la estación en condiciones de emergencia, es decir, cuando no se dispone del

servicio eléctrico de parte de la Empresa Eléctrica, y la restante dedicada a los elementos considerados no esenciales cuando la Estación de bombeo está en condición de emergencia, éstos dos tipos de barras se unen a través de un Switch de Transferencia Automático (ATS).

A continuación se enumeran y se describen los componentes eléctricos más relevantes del sistema que componen la estación de bombeo.

3.2 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

El Centro de Control de Motores (CCM) ésta diseñado y construido de acuerdo a las especificaciones desarrolladas por ARCO para éste tipo de instalaciones, el CCM será utilizado en un sistema trifásico a 480 V y 60 Hz, contendrá arrancadores para motores tipo termo magnéticos, breakers para alimentadores y otros aparatos de control requeridos para el funcionamiento correcto de la estación.

El diseño se lo realizó de acuerdo a la última revisión de las normas NEMA, además, de códigos y estándares internacionales como: AISC (American Institute of Steel Construction), IEEE, NFPA 70 (National Electrical Code NEC), y de exigir que cualquier material y equipo a ser utilizado en la construcción del CCM deberá tener una certificación tipo UL (Underwriters Laboratories).

EL Centro de Control de Motores es metálico en su totalidad. Todo el equipo interior deberá ser montado y alambrado en la parte frontal del CCM, de tal manera que todas las conexiones provenientes del campo puedan fácilmente ser hechas desde la parte frontal de cada cubículo del CCM.

Las barras principales serán aisladas, de cobre y localizada en la parte superior del CCM. Cada barra será aislada con una cubierta de vidrio reforzado.

El CCM estará provisto de canaletas especiales verticales para el cableado, éstas secciones irán desde la parte superior a la inferior en cada sección del CCM, además, contará con canaletas horizontales que permitirán el cableado a lo largo de todo el CCM.

Cada compartimiento del CCM estará aislado de compartimientos adjuntos y las canaletas horizontales y verticales dispondrán de barreras metálicas. El CCM tendrá espacios de reserva, con todos los elementos necesarios que permitan una fácil adición o combinación de arrancadores para motores o breakers alimentadores, sin necesidad de desenergizar la barra respectiva.

Cada cubículo que contenga un arrancador o un breaker para alimentadores, estará provisto de empaques de neopreno con una puerta abisagrada, la cual está inter-bloqueado con el breaker manual de tal manera que la puerta no se pueda abrir si el breaker está cerrado (circuito energizado), cada cubículo vendrá con un indicador que mostrara la posición del breaker y una cerradura para asegurar al breaker en posición abierto.

En Centro de Control de Motores estará provisto de una barra de cobre para tierra de al menos 2" x ¼ ". Esta barra estará provista de dos orejeras al final de cada sección; una para un conductor de cobre de #1/0 AWG hasta # 4/0 AWG, y una para un cable de cobre de #6 AWG hasta # 2 AWG.

Todo el equipo será tropicalizado, y de ser necesario serán instalados calentadores de espacio en cada sección. El CCM está diseñado para operar en la temperatura ambiente y condiciones de humedad del sitio.

La estructura del CCM será de acero rígido para ser directamente soportado al piso, los paneles y puertas de acero serán de un espesor mínimo de 2.5 mm, y adecuado para ser instalado en interiores. El CCM será en su totalidad preparado y químicamente tratado para prevenir oxidación; y pintado interior y exteriormente con dos capas de esmalte gris claro de acuerdo al ANSI16.

EL Centro de Control de Motores será provisto con agujeros de sujeción y de orejas de montaje. Cada sección del CCM tendrá un tamaño nominal de 20 pulgadas de ancho por 90 pulgadas de altura más un umbral no mayor a 22 pulgadas de profundidad. El diseño de la sección será provisto para ensamblar un máximo de seis compartimientos simples, ocupando no más de 72 pulgadas del espacio vertical.

El voltaje de control será de 120 voltios AC provisto por un transformador individual de control en cada unidad. Los circuitos de control tendrán un fusible en cada conductor que no esté puesto a tierra.

El alambrado de control para todos los arrancadores irá a terminales identificados de acuerdo a los diagramas y esquemas. Los arrancadores de los motores serán

magnéticos, a pleno voltaje y del tipo no reversibles; cada arrancador será suministrado con los siguientes elementos:

- Un contacto auxiliar normalmente cerrado alambrado a los terminales.
- Un contacto auxiliar normalmente abierto alambrado a los terminales.
- Los arrancadores de tamaño NEMA 1 deberán tener un transformador de control de al menos 100 VA y los arrancadores de tamaño NEMA 2 serán de 150 VA. Los motores de 20 HP y mayores estarán equipados con calentadores de espacio. Los transformadores de control deberán ser dimensionados para alimentar a los calentadores de espacio.

Todos los arrancadores para motores deberán tener relés de sobrecarga trifásicos, bimetálicos y compensados, deberán ser equipados con botones externos de reset. Los elementos calentadores serán seleccionados de acuerdo a lo siguiente:

SF del motor	1.0	1.15
Sobrecarga (pleno voltaje)	115%	125%

Si la corriente de carga no esta especificada, se considerará la corriente listada en el NEC para la selección del calentador.

Los calentadores de espacio serán provistos en cada sección y estarán dimensionados para operar aproximadamente a la mitad del voltaje nominal notado en la placa para prevenir fallas cuando esta operando continuamente. La carga real de operación del calentador de espacio estará de acuerdo a los estándares del proveedor del equipo. Un termostato común deberá operar el calentador de espacio y estará provisto con un switch de by pass apropiadamente identificado.

Los amperímetros y voltímetros serán adecuados para ser montados a ras del equipo, con el 1% de exactitud, banda rígida, switch tipo instrumento de 4x4 pulgadas con un ángulo de 250 grados. Los instrumentos conectados por medio de transformadores de corriente serán alambrados con un cable de calibre mínimo 10 AWG.

Los transformadores y paneles no serán instalados en el CCM al menos que se especifique lo contrario.

Los breakers serán de caja moldeada, termomagnéticos, magnéticos o no automáticos de acuerdo y conforme a los requerimientos a los estándares NEMA. Los breakers serán dimensionados para interrumpir la corriente de corto circuito.

Todos los polos de los breakers proveerán la misma protección a los circuitos. El breaker podrá ser operado manualmente y deberá poseer un mecanismo de rápida apertura, esto es un mecanismo de disparo libre de manipulación, de tal manera que los contactos no se mantengan cerrados cuando ocurra un cortocircuito o una corriente anormal. El disparo debido a sobre-corrientes o cortocircuitos será claramente identificada automáticamente asumiendo una posición media entre las posiciones ON y OFF. Todos los polos de los breakers serán construidos de tal manera que abran, cierren y disparen simultáneamente.

Los breakers serán completamente encerrados en la caja moldeada. Los breaker que no son intercambiables deberán tener una cubierta sellada y los breakers intercambiables deberán tener el mecanismo de disparo sellado para prevenir interferencias. El valor nominal de corriente será fácilmente visible.

Todas las unidades serán alambradas tal y como muestra el diseño. El calibre mínimo del conductor para circuitos de fuerza incluyendo los calentadores para motores será # 12 AWG trenzado, cobre estañado tipo THW o XHHW. Para los circuitos de control a 120V, el mínimo calibre del conductor será # 14 AWG trenzado, de cobre tipo SIS (resistente al calor, material sintético, temperatura máxima de operación 90°C, apto únicamente para cableado en tableros de distribución). El aislamiento para todos los conductores será de 600V.

Los bloques de terminales serán montados en las unidades y alambrados de fábrica. Los bloques de terminales para los circuitos de control deberán ser del tipo extraíbles.

En los bloques terminales cada conductor deberá tener marquillas plásticas con la identificación del conductor, la identificación será estampada en caliente en el plástico. No más de dos conductores serán conectados al mismo terminal.

El cableado en todas las puertas será de cable flexible y multi trenzado.

Los arrancadores para motores tendrán su alambrado interno dimensionado para los máximos HP nominales de cada arrancador.

Cada unidad del Centro de Control de Motores deberá tener una placa blanca con letras negras que la identifique. Placas para identificación serán provistas para la identificación apropiada de todos los relés, medidores y otros instrumentos.

La placa del Centro de Control de Motores indicará la identificación del MCC, amperaje de la barra horizontal, voltaje nominal y número de orden del vendedor. Todas las placas serán instaladas con tornillos.

Los equipos con voltajes ajenos y voltajes provenientes de otras fuentes, éstos cubículos deberán tener señales de alerta en todos los cubículos en donde éstos voltajes ajenos estén presentes. Esta señalización deberá tener un fondo rojo y letras grandes de color blanco la palabra "WARNING" y en letras pequeñas la advertencia específica.

Todo el equipo del Centro de Control de Motores será completamente ensamblado, alambrado y probado en fábrica. Las pruebas de fábrica incluirán pero no se limitarán a, prueba de alto voltaje DC y una prueba funcional de todo el equipamiento.

3.3 TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Los estándares requeridos de diseño general, construcción y operación para transformadores de potencia sumergidos en aceite utilizados en éste proyecto se basan en los códigos y estándares siguientes:

- ANSI C2, National Electrical Safety Code
- ANSI C62.1, surge Arrester for AC power Circuits
- ANSI C62.11, Metal-Oxide Surge Arrester for AC Power Circuits
- ANSI/IEEE C57, Distribution, Power and Regulating Transformer (Applicable Sections Only). IEEE "Recommended practice for establishing transformer capability when supplying non sinusoidal load current".
- NEMA Standards
- NFPA 70, National Electrical Code (NEC)

Además de cumplir con todas las regulaciones anteriormente mencionadas se cumplirán las normas locales en donde se va a instalar los equipos.

Los transformadores a ser suministrados serán tropicalizados, y se utilizarán materiales nuevos de primera clase.

Los transformadores y sus accesorios serán diseñados para servicio exterior y para una clasificación de área especificada en la respectiva hoja de datos.

Los transformadores deberán poseer un cambiador de taps manipulado exteriormente para operación sin carga (transformador desenergizado) en el bobinado primario. El cambiador de taps manual deberá ser operado fácilmente y provisto con una indicación visible de la posición del tap sin cerradura. El transformador deberá tener los elementos necesarios para ser montado en una fundación de concreto. Para el bobinado dado, el número 1 o la letra A será asignada al tap que provee la máxima relación de transformación. Al menos que

se indique lo contrario, el cambiador de taps tendrá cinco posiciones con cuatro taps al 2.5% de la capacidad total, dos arriba y dos abajo del voltaje nominal del primario.

El transformador deberá emplear un tanque sellado con cubierta soldada. De acuerdo con ANSI C57.12.10 será capaz de resistir una presión interna de 7 psig.

Los transformadores deberán emplear una capa de nitrógeno y todos sus accesorios serán construidos de acero inoxidable.

3.3.1 ACCESORIOS

Los transformadores estarán equipados con accesorios estándares ANSI incluidos los siguientes:

- Medidor de nivel magnético (con contactos para alarma). 1 NO y 1 NC.
- Termómetro para el aceite tipo dial (con contactos para alarmas). Este instrumento tendrá dos agujas, una que indicará la temperatura del aceite y la otra que indicará la máxima temperatura alcanzada por el aceite desde el último restablecimiento (con contactos ajustables para alarmas).
- Indicador de presión de vacío.
- Válvula tipo globo para drenaje y filtrado en la parte inferior con dispositivo para toma-muestra de aceite.
- Válvula tipo globo en la parte superior.
- Elementos de elevación para la tapa únicamente
- Facilidades para elevar el núcleo y las bobinas desde el tanque.
- Pernos de anclaje adecuados para zona sísmica 3.
- Elementos para izar el transformador ubicados en cada esquina.

-
- Dos placas perforadas para la conexión a tierra del tanque.
 - Ventanas de acceso en la tapa del tanque, para un fácil acceso al interior, estarán localizadas para facilitar el ajuste y / o reemplazo de los bushings.
 - Dispositivo para aliviar la presión montado en la tapa del tanque (con contactos para alarmas).
 - Relé para presión súbita, con contactos.
 - Para la puesta a tierra del secundario, el transformador estará provisto de un bushing para el neutro aislado en la conexión Y del bobinado para facilitar su conexión a tierra.
 - El nivel de aislamiento de los bushings no será menor a lo especificado para el bobinado al cual estará conectado.
 - Al menos que se indique lo contrario en la hoja de datos, los bobinados del transformador serán de cobre.

El transformador estará equipado con radiadores. Para los transformadores cuya capacidad sea mayor a 1000 KVA los radiadores deberán ser desmontables y completados con válvulas de aislamiento.

Todos los compartimientos que cubran los bushings del primario y secundario estarán equipados con drenajes y aereadores.

Para todos los transformadores, se deberá especificar y garantizar las pérdidas sin carga y las pérdidas totales.

3.3.2 PRUEBAS

Los transformadores serán sometidos a las pruebas estándares comerciales de acuerdo con la última revisión del ANSI C57.12, la cual debe incluir lo siguiente:

- Medición de la resistencia de todos los bobinados al voltaje nominal y en cada posición del tap.

-
- Relación de transformación al voltaje nominal y en todas las posiciones del tap.
 - Polaridad y relación de las fases al voltaje nominal.
 - Prueba sin carga al voltaje nominal.
 - Corriente de excitación al voltaje nominal.
 - Impedancia y pérdidas con carga a la corriente y voltaje nominales y en los taps extremos.
 - Aplicación de voltaje.
 - Potencial inducido.
 - Presión de fuga.
 - Todos los dispositivos auxiliares del transformador tales como, indicadores de temperatura, nivel, presión, alarmas y relés serán probados para comprobar su correcta operación.
 - El aceite del transformador será chequeado para comprobar su nivel a la temperatura ambiente.
 - Todos los empaques de tapas, ventanas, etc. serán inspeccionados para comprobar que están libres de fugas.
 - Los voltajes sin carga serán chequeados. El cambiador de taps será asegurado una vez conseguido el voltaje ideal.

El nivel de aislamiento de los bobinados del transformador será probado usando un megger a 5000V de la siguiente forma:

- Resistencia de aislamiento del primario a tierra con el tanque y el secundario puestos a tierra.

-
- Resistencia de aislamiento del secundario a tierra con el tanque y el primario puestos a tierra.
 - El mínimo valor de la resistencia de aislamiento aceptado en megaohmios es ocho (8) veces los KV nominales del bobinado bajo prueba.

Los transformadores y sus accesorios, en donde sea aplicable, tendrán un tratamiento de tropicalización. La parte exterior del transformador será químicamente limpiado y pre-tratado con un recubrimiento de fosfato para asegurar una buena adhesión de la pintura. El tanque y sus accesorios exteriores entonces serán recubiertos con una primera capa de pintura epóxica, una capa de pintura intermedia resistente a la corrosión tipo poliéster y un recubrimiento final con pintura acrílica tipo ANSI 61 (gris claro).

3.4 INTERRUPTOR DE FALLAS EN VACIO

El elemento de protección contra sobre-corrientes de medio voltaje para los transformadores es un interruptor en vacío.

El diseño y fabricación del interruptor de fallas en vacío de medio voltaje cumplirá con las últimas revisiones de los códigos y estándares a continuación son enumerados. Estos requerimientos no liberan al constructor para cumplir con otros códigos y estándares aplicables en ésta industria.

- ANSI (American National Standards Institute)
 - C33.8 Safety Standards for Grounding and Bonding Equipment.
 - C37.72 Proposed Requirements for Manually Operated, Dead front pad mounted Switchgear with Load Interrupting switches and separable Connectors for Alternating Current Systems.
 - C37.60 Standards Requirements for Overheat Pad mounted, Dry Vault, and Submersible Automatic Circuit Reclosers and Fault Interrupters for AC Systems.
 - C57.12.28 Switchgear and Transformer Pad Mounted Equipment Enclosure Integrity.
 - Z55.1 Gray Finishes for Industrial Apparatus Equipment.
- NFPA (National Fire Protection Association)
 - National Electrical Code.

El interruptor de fallas en vacío tendrá un diseño estándar, consistente de un perfil bajo, adecuado para ser montado en una loza, gabinete con el respectivo switch y relé. Todos los materiales serán adecuados para soportar la intemperie y no debe poseer partes energizadas expuestas en el lado de operación del equipo.

El switch tendrá tres polos sin fusibles en el lado de la carga, operado mediante resorte, cierre rápido, mecanismo de apertura rápida.

El Interruptor de corriente en vacío tendrá un control de disparo electrónico, dicho elemento tendrá transformadores de corriente para sensar la corriente de línea y proveer la potencia necesaria para la temporización y disparo, además, brindará protección disparando instantáneamente cuando ocurran fallas en la línea y fallas a tierra. Este controlador proveerá indicación del tipo de falla ocurrido, sea ésta falla en la línea, falla a tierra o disparo instantáneo. Estas indicaciones se auto restablecerán cuando exista un mínimo de carga.

El Interruptor de Fallas en Vacío será suministrado con clavijas reguladoras de disparo de fase y una clavija reguladora de disparo a tierra. Las curvas de disparo tiempo-corriente serán seleccionables cambiando las clavijas reguladoras y el punto de disparo mínimo será seleccionado cambiando resistores.

El disparo instantáneo será seleccionado independientemente por fase y tierra, y deberá ser desde 1 hasta 32 el mínimo valor de disparo en los incrementadores paso a paso. La programación de cada parámetro en tierra y fase será realizada con un grupo de dip switches. Aún mas, la posibilidad de un disparo remoto será provista desde un contacto remoto normalmente abierto de un relé de protección (relé diferencial o un relé de presión súbita). El intervalo de tiempo desde el cierre del contacto remoto hasta la apertura del interruptor no debe exceder de ocho (8) ciclos.

La carcasa del Interruptor de fallas en vacío será hecha de acero templado de 2.5 mm de espesor y manufacturado de acuerdo a los estándares ANSI C37.72 y C57.12.28. La carcasa será montada independientemente del tanque del switch permitiendo removerla para una fácil instalación del cable o futuros reemplazos. La carcasa será a prueba de interferencias incorporando puertas de acceso abisagradas con pernos de seguridad, se proveerán de los elementos necesarios para la fijación en la respectiva loza. La carcasa será provista con elementos de izaje y pintura color gris para equipo industrial de acuerdo a ANSI Z55.1B.

El compartimiento para cables tendrá dos puertas abisagradas y elementos de fijación. Las puertas estarán equipadas con retenedores para prevenir un cierre accidental y estarán aseguradas con pernos.

3.4.1 PRUEBAS

Prueba de continuidad para asegurar que las conexiones internas sean las correctas.

Prueba de alto voltaje DC para determinar la resistencia dieléctrica de la unidad.

Prueba de presión para asegurarse que el tanque está completamente sellado.

Prueba de disparo eléctrico.

Prueba del relé electrónico.

La certificación de las pruebas antes mencionadas será realizada por un Ingeniero Registrado y de acuerdo a lo que especifican los estándares siguientes:

- Valores nominales del switch de acuerdo a ANSI C37.72
- Valores nominales del Interruptor de acuerdo a ANSI C37.60
- Recubrimientos de acuerdo a ANSI C57.23.28

3.5 SWITCH DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA

Los requerimientos generales para el Switch de Transferencia Automática y el Switch bypass - aislamiento para las siguientes características como polos, amperaje, voltaje y máxima corriente nominales se describen a continuación.

El switch de transferencia automática deberá cumplir con los siguientes códigos y estándares:

- UL 1008 Standard for Automatic Transfer Switches
- NFPA 70 National Electrical Code
- NFPA 99 Essential Electrical Systems For Health Care Facilities
- NFPA 110 Emergency and Standby Power Systems
- IEEE Standard 446 IEEE Recommended Practices for Emergency and Standby Power Systems for Commercial and Industrial Applications
- NEMA Standard ICS10-1993 (formerly ICS2-447) Automatic Transfer Switches

3.5.1 SWITCH DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

El Switch de Transferencia Automática consistirá de una carcasa, breaker y control de transferencia.

La interfase del Switch de Transferencia Automática será diseñada para trabajo continuo y de doble circuito. El switch estará mecánicamente bloqueado para asegurar solamente una de las posibles posiciones, Normal o Emergencia. El Switch de Transferencia Automática se lo podrá utilizar con sistemas de emergencia tales como generadores tipo motor de combustión interna o turbinas, o algún otro tipo de sistema.

3.5.1.1 CARACTERÍSTICAS

El Switch de Transferencia Automática consta de un módulo de transferencia y un módulo de control, interconectados para proveer una operación automática completa, estará mecánicamente sujeto y eléctricamente operado por un mecanismo de solenoide simple, energizado desde una fuente a la cual la carga va a ser transferida.

El panel de control será suministrado y montado en la misma carcasa del switch de transferencia.

Todas las partes que conduzcan corriente o carga transferida serán diseñadas para trabajo continuo o para una transferencia de carga repetitiva.

Los contactos y bobinas serán fácilmente accesibles desde la parte frontal del equipo sin necesidad de desensamblar partes mayores del switch.

3.5.1.2 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Todas las fases de la fuente de voltaje normal será monitoreada línea a línea. Estará provisto de un sensor de voltaje diferencial. El incremento de voltaje será ajustable desde el 85% al 100% del valor nominal. La pérdida de voltaje será ajustable desde el 75% al 98% del valor del incremento de voltaje. La transferencia al estado de emergencia será iniciada cuando la reducción del voltaje normal sea menor al 85% del voltaje nominal y se retransferirá al estado normal cuando la fuente de voltaje esté en al menos el 95% del valor nominal.

Proveerá de un tiempo de retardo para anular momentáneamente el corte de la fuente normal de energía retardando toda transferencia y dando la señal de arranque del generador de emergencia. El tiempo de retardo será ajustable en campo desde cero (0) hasta seis (6) segundos.

Proveerá de un tiempo de retardo para la transferencia de carga desde la fuente de emergencia al estado normal de operación, éste tiempo será ajustable en campo desde cero (0) hasta treinta (30) minutos. Este tiempo de retardo será

automáticamente bypassado si la fuente de emergencia falla y la fuente normal de voltaje está disponible.

Proveerá al generador de emergencia de un periodo de retardo funcionando a baja carga para enfriarse. El temporizador será ajustable en campo desde cero (0) a sesenta (60) minutos.

Proveerá de un tiempo de retardo para transferir la carga al sistema de emergencia, éste tiempo será ajustable en campo desde cero (0) a cinco (5) minutos, para regular la transferencia de carga al sistema de emergencia.

Proveerá de un sensor independiente de voltaje monofásico y frecuencia del sistema de emergencia.

Incremento de voltaje (V): Ajustable desde el 85% hasta el 100% del nominal.

Incremento de frecuencia (f): ajustable desde el 90% hasta el 100% del nominal.

Cuando la fuente de energía normal falla, la transferencia de carga al sistema de emergencia ocurrirá cuando el voltaje de la fuente de emergencia esté en el 90% o mas y la frecuencia sea del 95% o mas.

Proveerá de una placa de identificación sobre cada luz de información, con las siguientes leyendas:

- Carga conectada a la fuente normal.
- Carga conectada a la fuente de emergencia
- Fuente normal disponible
- Fuente de emergencia disponible

Estará provisto de contactos auxiliares normalmente cerrados a ser utilizados para las siguientes funciones:

- Switch de Transferencia automática conectado a fuente normal.
- Switch de Transferencia automática conectado a fuente de emergencia.

Estará provisto de un selector de cuatro posiciones con una identificación para apagado – manual – prueba – automático.

En la posición “apagado”, el relé de control está desenergizado y el generador de emergencia no arranca. En la posición “manual”, el generador de emergencia arrancará y funcionará sin carga a velocidad nominal sin transferencia o carga, excepto para la condición de falla del sistema normal. En la posición “prueba”, la condición de falla del sistema normal es simulada, el generador arranca y una carga de emergencia es asumida. En la posición “auto” el switch de transferencia está listo para una falla en el sistema normal.

Estará provisto con un temporizador para probar al generador sin carga con un rango de cero a treinta minutos, ajustable en pasos de 5 minutos para 20 minutos mínimo de prueba por semana.

3.5.2 SWITCH DE BYPASS-AISLAMIENTO

3.5.2.1 CARACTERÍSTICAS

El Switch de Bypass-Aislamiento de dos vías proveerá un mecanismo de by pass manual de la carga a otra fuente y permitirá el aislamiento del Switch de Transferencia Automática de todas las fuentes y cargas. Todos los contactos principales serán manualmente operados.

Se utilizarán manijas separadas para by pass y aislamiento para proveer una distinción entre éstas funciones. Las manijas estarán permanentemente fijas y operables sin necesidad de abrir la puerta del equipo.

El by pass de la carga será realizado sin la interrupción del voltaje a la carga.

La manija de aislamiento estará provista de tres modos de operación: “Cerrado”, “Prueba” y “Abierto”.

Cuando el Switch de Aislamiento esté en el modo “Prueba” o Abierto”, el Switch de by pass funcionará como un switch de transferencia manual.

3.6 EQUIPO DE ALTA RESISTENCIA PARA LA TIERRA DEL NEUTRO

Estos equipos estarán instalados en los transformadores de potencia principales y en el generador de emergencia.

Los códigos y estándares en su última revisión a los que debe regirse éste equipo son los siguientes:

- ANSI American National Standards Institute
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
- NEMA National Electrical Manufacturers Association
- NEC National Electrical Code
- Estándares Nacionales

3.6.1 REQUERIMIENTOS

Los símbolos utilizados en los diagramas estarán de acuerdo a los estándares ANSI al menos que se especifique lo contrario.

El vendedor deberá presentar las dimensiones aproximadas, peso y literatura del equipo propuesto.

Este equipo estará montado y alambrado en una carcasa auto-soportada, sin partes vivas en lugares manipulables, fabricado en lámina de acero; tipo NEMA 1 para interiores o NEMA 4x para exteriores.

La carcasa estará provista de una puerta totalmente abisagrada, dando acceso al interior del equipo por la parte frontal. La entrada de cables y conduits al equipo será por la parte superior o inferior.

Una barra para tierra de cobre será provista en la parte inferior del equipo y estará compuesta de conectores tipo compresión / corrugado para un cable de cobre 2/0 AWG en cada extremo para la conexión a la malla de tierra.

3.6.2 ELEMENTOS NECESARIOS

Cada equipo al menos que se diga lo contrario deberá incluir lo siguiente:

- Switch de desconexión con fusible.
- Transformadores
- Resistores a tierra
- Switch de potencia con fusible
- Amperímetro montado en panel
- Transformador de corriente
- Relé de voltaje
- Transformador de voltaje
- Voltímetro montado en panel
- Relé temporizador
- Relé de control con interbloqueo para alarma remota
- Contactor de pulsos para producir aproximadamente 40 pulsaciones de corriente por minuto
- Relé de pulsos
- Selector de pulsos
- Pulsador para prueba
- Pulsador para restablecimiento

-
- Luz roja para indicación de "Falla a tierra"
 - Luz verde para indicación de "Normal"

3.6.3 RESISTOR DE TIERRA

El resistor será de una aleación de cobre-níquel o acero inoxidable.

El sistema de resistor de tierra para el neutro tendrá taps que sirvan para ajustar:

- La corriente inicial con una falla a tierra en el sistema, ajustable entre un valor de 1 a 2 amperios o de 2 a 5 amperios.
- El pulso de corriente, ajustable entre 2 a 5 amperios o 5 a 10 amperios.
- Los ajustes de corriente inicial y de pulso serán hechos en campo durante el comisionado del equipo.

El resistor estará diseñado para que no exceda en la superficie una temperatura de 150 grados Celsius en temperatura ambiente de 40 grados Celsius, mientras conduzca simultáneamente la corriente continua nominal y un pulso cíclico de corriente.

3.6.4 EQUIPO DE CONTROL

Los circuitos de control operarán a 120 VAC.

Cada transformador de control tendrá fusibles en el primario y secundario. Los conductores desde los terminales del secundario estarán alambrados a terminales.

Las conexiones hacia aparatos de control o anunciadores estarán alambradas a terminales.

3.6.5 CABLEADO

El alambrado o cableado de control y los bloques terminales deberán cumplir con:

-
- Los conductores para los circuitos de control serán de cobre flexible y trenzado de un calibre mínimo de 14 AWG, conductor simple para 600 voltios resistente a la humedad y aislamiento retardante de flama.
 - La entrada de cables al equipo tendrá bloques de terminales y el terminal de tierra del resistor estará conectada a la barra de tierra.
 - Las conexiones a los circuitos externos estarán convenientemente localizadas en bloques terminales marcados, tipo perno y divisores entre los puntos.
 - Las terminaciones de los cables se harán con conectores tipo compresión de tal manera que quede firmemente asegurado el conductor.
 - La numeración de los conductores estará de acuerdo a los diagramas de interconexión.

El equipo estará identificado y etiquetado con placas de identificación permanente que serán provistas para identificar cada equipo, relés, medidores, switch, pulsadores, bloques terminales, etc.

3.6.6 PRUEBAS

Presionar el botón de prueba para simular una falla a tierra y operar el sistema de control y anunciadores.

Verificar si la luz roja se enciende.

Presionar el botón Reset (Restablecimiento) después de la prueba para regresar a la posición normal

Verificar si la luz verde se enciende y la roja se apaga.

Todas las placas serán plásticas laminadas. Las letras serán negras con fondo blanco.

Relés, contactores y otros componentes que tengan partes móviles y puedan ser dañados durante su transportación serán asegurados firmemente para prevenir algún daño.

3.7 BATERIAS, CARGADORES E INVERSORES

Este equipo será el soporte de los UPS's de la estación que alimentarán a los sistemas de 120 VAC y 24 VDC que energizan a los elementos denominados indispensable (esenciales) para el funcionamiento de la estación.

El sistema consistirá de un cargador doble en paralelo con aislamiento de diodos e inversores.

El sistema de fuerza consistirá de un banco de baterías completo con celdas interconectadas con todos sus accesorios, un soporte para las baterías, panel de distribución, cargadores e inversores.

Las baterías y todo su sistema deben sujetarse a los siguiente estándares y cogidos en su última revisión:

- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
 - Standard 485: IEEE Recommended Practice for Sizing Large Lead Storage Batteries for Generating Station and Substations
- NEMA (National Electrical Manufacturers Association)
 - Pub. IB 1 Definitions and Precautionary Labels for Lead Acid Industrial Storage Batteries.
 - Pub. IB 5 Life Testing of Lead Acid Industrial Storage Batteries (with Free Electrolyte) for Stationary Service.
 - Pub. PE 5 Utility Type Battery Chargers
 - Pub. PE 1 Uninterruptible Power Systems
- UL (Underwriters Laboratories)
 - 1236 Battery Chargers
 - 489 Molded Case Circuit breakers and Circuit breaker Enclosures

Las baterías, cargadores e inversores serán diseñados, contruidos, cableados y probados de acuerdo con la última revisión de los estándares ANSI, IEEE, NEMA y UL.

El banco de baterías estará diseñado para servicio flotante bajo operación normal con un ecualizador de carga periódico desde el cargador de baterías conectado.

Las baterías serán de plomo calcio, reguladas por válvula, de libre mantenimiento al menos que se indique lo contrario. Las celdas de las baterías estarán selladas para evitar la pérdida de electrolitos.

Los soportes para las baterías estarán diseñados para minimizar el espacio requerido de instalación, facilitar el mantenimiento y remoción de las celdas.

El rack para las baterías estará construido de acero, recubierto de un material que resista a los efectos de la corrosión cuando se derrame el electrolito, y diseñado para cumplir con los requerimientos de la UBC respecto a la zona sísmica en donde será instalado. Como mínimo, se proveerán de rieles de choque en todos los racks de las baterías.

3.7.1 ACCESORIOS BATERÍAS

Los conectores entre las celdas y los empalmes interiores aislados proveerán un espaciamiento de ½ pulgada entre celdas o unidades para cada banco de baterías. Los conectores entre las celdas serán de plomo recubiertos con cobre. Los pernos, tuercas y arandelas serán de acero inoxidable.

Cada banco de baterías tendrá los siguientes accesorios para mantenimiento:

- Etiquetas con el número de celdas y advertencia
- Cada celda tendrá un accesorio para su operación
- Un contenedor y grasa no oxidable

El banco de baterías estará protegido con un dispositivo electrónico para desconectar en bajo voltaje. Este desconectará la batería desde la carga cuando

el voltaje de la batería cae a un valor determinado, éste será ajustable de acuerdo a los requerimientos del sistema.

3.7.2 CARGADOR DE BATERÍAS

El cargador de baterías DC será tipo industrial, será completamente ensamblado y cableado en una estructura tipo NEMA 1; y podrá ser montado en el piso o pared. El arreglo del gabinete será diseñado para operación frontal al igual que su mantenimiento. Los paneles laterales podrán ser removibles.

El gabinete será construido para permitir la entrada de cable o conduits por la parte superior e inferior de la unidad.

El cargador será construido con elementos de estado sólido, filtros en la salida y tendrá un voltaje constante. La rectificación será llevada a cabo usando rectificadores de silicón controlados.

El cargador será capaz de limitar la salida de corriente hasta un máximo del 125% de su valor nominal, con cualquier condición de demanda de carga.

Los circuitos de fuerza de entrada y salida tendrán protección contra sobre corriente, utilizando elementos termomagnéticos tipo breakers. Estos breakers podrán ser operados manualmente con la puerta cerrada.

Los cargadores que tengan iguales valores nominales de operación serán capaces de funcionar en paralelo.

El cargador será capaz de proveer una regulación de voltaje de $\pm 0.5\%$ del voltaje DC flotante y $\pm 1\%$ del voltaje de ecualización con cualquier condición de carga, para una variación del voltaje de entrada de $\pm 10\%$, y una variación de frecuencia de $\pm 5\%$.

La máxima distorsión será del 2% rms cuando las baterías están conectadas. Si el cargador está conectado al sistema de baterías utilizado en procesos de control e instrumentación, la máxima distorsión será de 30 mV rms.

El cargador de baterías a 120 VDC tendrá una eficiencia mínima del 90% a la carga nominal. El cargador de baterías a 24 VDC tendrá una eficiencia mínima entre 75% y 80% a la carga nominal.

El cargador de baterías estará equipado con un circuito de entrada temporizado que permite que el cargador asuma la carga gradualmente después que el voltaje de entrada es aplicado.

El cargador de baterías estará equipado con los accesorios estándares descritos en NEMA PE 5, así como de los siguientes accesorios que no son estándares:

- Voltímetro DC con una exactitud de +/- 2% de la escala.
- Amperímetro DC con una exactitud de +/- 2% de la escala.
- Potenciómetro para voltaje flotante
- Potenciómetro para ecualización de voltaje
- Selector Flotante – Ecualizando
- Luces piloto que indiquen el cambio de modo.
- Breaker de entrada AC y luz piloto
- El cargador de baterías será equipado con contactos para alarmas e indicación remota.

Se proveerá de placas para identificar cada voltímetro, amperímetro, switch, temporizador, reóstato, relé y otros componentes importantes.

Todo el equipo con semiconductores será accesible para mantenimiento y reemplazo de partes.

Si se requieren ventiladores para enfriamiento, el equipo estará provisto con ventiladores redundantes.

3.7.3 DIMENSIONAMIENTO BATERÍAS

Las baterías serán dimensionadas de acuerdo con IEEE 485. La capacidad de las baterías se determinará utilizando los perfiles de carga, factores de crecimiento futuro, factores de corrección de temperatura, voltaje nominal y voltaje final de descarga.

Un factor de envejecimiento del 25% será aplicado para calcular la capacidad y así compensar el decrecimiento de la capacidad de la batería a lo largo de su tiempo de vida útil.

Un factor de corrección de temperatura será aplicado a la capacidad de las baterías basados en la temperatura mínima del sitio en donde va a ser instalado el equipo. Los factores de corrección de temperatura se los obtendrán del IEEE 485.

Al menos que se especifique lo contrario, el voltaje de descarga final será de 1.75 voltios por celda de la batería.

3.7.4 DIMENSIONAMIENTO DEL CARGADOR DE BATERÍAS

El cargador de baterías será dimensionado para cargar una batería totalmente descargada en el tiempo que lo requiera el sistema que va a alimentar, mientras está suministrando carga. Si se requiere, el cargador de baterías será dimensionado tomando en cuenta la temperatura y altitud del sitio de instalación.

Las baterías y cargador serán instalados juntos. Un terminal común será provisto para el sistema baterías / cargador para unirse a la malla de tierra

Los terminales negativos de las baterías y cargador estarán unidos a las carcasas. El negativo de las baterías y cargador será provisto con terminales de tierra aislados y protegidos para la conexión al sistema de tierra aislado.

El panel de distribución DC tendrá un breaker principal de dos polos dimensionado para la potencia de salida nominal. Los breaker de salida serán dimensionados de acuerdo a las cargas.

3.7.5 INVERSOR ESTÁTICO

El inversor será capaz de entregar los KVA de salida nominales en forma continua y resistirá una sobrecarga de hasta el 125% por poco tiempo.

El inversor será completamente de estado sólido con diseño de forma de onda sintetizado o ferroresonante.

El inversor será de diseño auto-limitante para prevenir daños en la unidad si ocurre un corto circuito, sobrecarga o se abra el circuito.

El inversor será suministrado al menos con el siguiente equipo:

- Voltímetro DC en la entrada del inversor
- Voltímetro DC en la salida del inversor
- Amperímetro DC en la salida del inversor
- Breakers AC a la salida
- Terminales de salida
- Relés de sobrecarga / sobre-temperatura.

3.8 GENERADOR EN STANDBY

Para apoyar a la nueva estación de bombeo en Quinindé, se utilizará un generador para servicio en stand-by accionado por un motor de combustión interna a diesel, el generador de emergencia alimentará a las cargas denominadas esenciales de la estación. En éste sentido se asegurará que el generador sea probado en fábrica y tenga todos los accesorios necesarios para una adecuada instalación.

Los códigos y estándares en su última revisión que son aplicables a éste equipo son las siguientes:

- AGMA (American Gear Manufacturers Association)
- ANSI (American National Standards Institute)
- API (American Petroleum Society)
- DEMA (Diesel Engine Manufacturers Association)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)
- NEC (National Electrical Code)
- NEMA (National Electrical Manufacturers Association)
- NFPA (National Fire Protection Association)

El conjunto motor / generador será un paquete completo, montado en una sola estructura de soporte (skid) con generador, motor, tanque diario, arrancador, baterías y cargador, panel de control, sistema de enfriamiento y aisladores de vibración.

El equipo será suministrado totalmente fabricado, ensamblado, probado en fábrica y desmantelado solo si lo requiere la transportación.

El generador será capaz de resistir un 10% de sobrecarga por una hora mínimo.

Se certificará que el análisis matemático torsional del equipo ha sido realizado como una combinación de motor y generador para asegurar que la fatiga torsional en todo el sistema a plena velocidad no exceda los límites aceptables.

El grupo motor / generador en stand-by será probado variando la carga con los sistemas de protección y de escape en su lugar.

El grupo motor / generador deberá cumplir con los requerimientos mínimos para ser instalado en sitio, como son temperatura, elevación sobre el nivel del mar, zona sísmica.

3.8.1 MOTOR

El buen desempeño del motor se deberá garantizar a un cuarto, media y carga total a temperatura ambiente, y presión atmosférica del sitio en donde será instalado. Se garantizará, además, el consumo de combustible esté en el rango establecido por el fabricante.

Cumplirá con las normas ambientales permitidas, proveerá los datos de emisiones y niveles de ruido del motor.

El motor será capaz de desarrollar en condiciones normales, al menos 110% de la potencia necesaria para manejar al generador y todos los accesorios cargados al 100% de su valor nominal en las condiciones del sitio en donde será instalado.

El grupo motor / generador estará libre de vibraciones de tal modo que no sean afectadas las características operacionales ya sea en operación o durante el ensamblado. El grupo estará libre de cualquier efecto dañino de las frecuencias torsionales naturales que ocurran abajo o en el 10% de la velocidad de operación normal. La primera y segunda frecuencia torsional deberán ser especificadas por el fabricante.

3.8.2 GENERADOR

Estará diseñado y fabricado de acuerdo con NEMA MG-1

Será diseñado para 480 voltios, trifásico, conexión en Y, factor de potencia 0.8, 60 Hz, para ser instalado en exteriores. El generador será capaz de desarrollar la potencia nominal en las condiciones del sitio para la máxima temperatura ambiente y elevación respectiva.

Estará equipado con un breaker principal, dimensionado y seleccionado por el fabricante para proteger su equipo. El breaker tendrá la suficiente característica de tiempo inverso para permitir abrir cualquier falla que ocurra en el lado de la carga. El breaker permitirá ser asegurado en su posición "off".

Será utilizado para proveer de potencia a las cargas esenciales cuando el suministro normal de energía falla. El arranque y el cambio serán automáticos. El generador incrementará su velocidad y estará listo para asumir la carga completa después de 10 segundos de haber recibido la señal de arranque desde el switch de transferencia automática. La señal de arranque será dada por un contacto seco normalmente abierto.

Todos los valores nominales del generador estarán basados a una temperatura máxima de 40 grados C. en exteriores y en trabajo continuo.

Calentadores de espacio serán provistos para todos los gabinetes asociados con el generador y la excitatriz. Los calentadores de espacio serán termostáticamente controlados y dimensionados para prevenir la formación de condensación. Los elementos calentadores soportaran hasta 240 voltios pero funcionarán a 120 voltios. Toda la carga de los calentadores de espacio se ubicaran en terminales separados.

El generador cumplirá los estándares NEMA para supresión de radio interferencia.

El generador no podrá estar en paralelo con otros generadores o fuentes de energía.

El generador será sincrónico. La excitatriz será de estado sólido rotativa y sin escobillas. El campo para la excitatriz será suministrado de una excitatriz piloto magnético permanente.

Las bobinas de la armadura estarán enrolladas y adecuadamente aseguradas. Todos los bobinados serán de cobre con aislamiento clase F o mejor. El incremento de temperatura no excederá los 80 grados C. sobre los 40 grados C. del ambiente medidos por resistencia al 100% de carga.

Los requerimientos para el desbalance de corriente continua serán los definidos en el párrafo 7.5 del ANSI C50.13-1989. Los requerimientos térmicos a corto tiempo para el rotor del generador para fallas desbalanceadas u otra condición de desbalance será la especificada en el párrafo 7.3 del ANSI C50.13-1989.

El generador será capaz de soportar una sobrecarga del 10% por una hora y 150% de sobrecarga por un minuto con la excitatriz en carga normal. El generador también será capaz de mantener niveles de corriente del 300% por no menos de diez segundos bajo una falla simétrica trifásica.

El generador tendrá un neutro aislado y todos los elementos necesarios para ser conectado al equipo de resistencia a tierra que será suministrado con el grupo motor / generador. Los conductores para las fases estarán separados y adecuadamente soportados.

El rotor del generador y la excitatriz tipo brushless estarán diseñados para una operación segura hasta con una sobre-velocidad del 125%.

El diseño del generador deberá cumplir con los siguientes parámetros:

- Regulador de voltaje de estado sólido con +/- 2% para cualquier carga desde cero hasta el total.
- El máximo transiente de voltaje no excederá el 20% del voltaje nominal para aplicaciones con cargas al 0.8 de factor de potencia. El voltaje será recuperado con una variación de +/- 5% del voltaje nominal en 0.75 segundos y recobrar el voltaje nominal en 2 segundos o menos.
- El voltaje de salida del generador será ajustable en +/- 10 % del voltaje nominal mediante un reóstato.
- La regulación de frecuencia será de +/- 3 ciclos desde 60 Hz.

-
- La excitatriz del generador tendrá protecciones de sobre voltajes y transientes debido a la regeneración y retroalimentación del motor. La excitatriz proveerá excitación para al menos el 125% de la potencia de salida del generador. Un relé térmico de sobrecarga protegerá al campo de niveles de excitación prolongados.

3.8.3 ELEMENTOS DE CONTROL

El controlador será capaz de orientarse a la derecha, izquierda o atrás de la carcasa del generador y será aislado de vibraciones. Los relés serán aceptados únicamente en circuitos de alta corriente. Se preferirá un panel de control con PLC.

Todos los circuitos serán enchufables para su rápido reemplazo en caso de falla. El controlador estará equipado con elementos capaces de aceptar aparatos enchufables que permitan al personal de mantenimiento probar el funcionamiento del controlador sin operar el motor. El controlador incluirá:

- Control completo de arranque / parada de dos hilos el cual podrá ser operado desde el equipo o en forma remota.
- Sensor de velocidad y un motor de arranque secundario con sistemas que protegerán de arranques con el volante de inercia en movimiento
- El sistema de arranque estará diseñado para rearrancar cuando ocurra una falsa señal de arranque, permitiendo al motor parar completamente y entonces volver a arrancar.
- Un arrancador cíclico con 15 segundos entre los periodos ON y OFF.
- Protección para sobre arranque será provista de tal manera que se abra el circuito de arranque después de 75 segundos si no arranca el motor.
- Circuitos de parada del motor cuando se tenga señales de alta temperatura del refrigerante, baja presión de aceite, bajo nivel del refrigerante y sobre-temperatura.

-
- Temporizador para enfriamiento del motor permitiendo al grupo funcionar sin carga después de transferirla al sistema normal.
 - Selector de tres posiciones (Automático – OFF –TEST). En la posición TEST, el motor arrancará y funcionará sin tomar en cuenta la posición del contacto remoto de arranque. En la posición AUTOMATICO, el motor arrancara cuando los contactos del circuito de control remoto se cierren y se detendrá cinco minutos después que los contactos se abran. En la posición OFF, el motor no arrancara aunque los contactos de arranque remoto estén cerrados. Esta posición proveerá de una parada inmediata en el caso de emergencia. Se restablecerá cualquier condición de falla colocando el switch en la posición OFF. Cualquier advertencia o señales de pre alarma automáticamente se restablecerán si no son causa de la parada de la unidad.

El generador debe ser provisto con los siguientes elementos de señalización y control:

- Pulsador para parada de emergencia
- Luces indicadoras:
 - No en AUTO (luz roja intermitente)
 - Sobre arranque (rojo)
 - Parada de emergencia (rojo)
 - Alta temperatura del motor (rojo)
 - Sobre velocidad (rojo)
 - Bajo nivel del refrigerante (rojo)
 - Baja presión de aceite (rojo)
 - Funcionamiento defectuoso del cargador de baterías (rojo)

- Bajo voltaje en baterías (rojo)
- Bajo nivel de combustible (rojo)
- Sistema listo (verde)
- Pre alarma, alta temperatura del motor (amarillo)
- Pre alarma, baja presión de aceite (amarillo)
- Alta temperatura del refrigerante (rojo)
- Bocina de alarma con switch silenciador de acuerdo a NFPA 110
- Estas señales se podrán monitorear remotamente mediante contactos secos.

Los instrumentos montados en el panel incluirán:

- Voltímetro de doble rango con una precisión de $\pm 2\%$.
- Amperímetro de doble rango con una precisión de $\pm 2\%$.
- Selector de la fase del amperímetro y voltímetro
- Luces para indicar valores altos o bajos
- Frecuencímetro tipo puntero con una precisión de $\pm 5\%$, con escala de 45 a 65 Hz.
- Luces para iluminar el panel.
- Medidor de carga de baterías
- Medidor de temperatura del refrigerante
- Medidor de presión de aceite
- Contador de tiempo de funcionamiento.
- Reóstato para ajuste de voltaje ($\pm 5\%$)

-
- Vatímetro
 - Indicador de RPM

3.8.4 PRUEBAS

El generador será probado de acuerdo a NEMA MG-1 o cualquier otro estándar nacional o internacional equivalente.

Las pruebas del motor, paneles y equipo asociado al grupo se incluirán en las pruebas funcionales de todo el sistema. Todos los sistemas de parada, alarmas y otros controles deberán ser probados.

El panel de control deberá ser probado de acuerdo con:

- El panel de control del motor estará conectado al motor, se realizarán pruebas operacionales del mismo y verificará el cableado de todo el panel. Se probarán todas las alarmas y circuitos de paro bajo condiciones reales de funcionamiento para asegurar la apropiada operación y ajustes de los switches.
- Se simulara un paro por sobre velocidad, el motor será rearrancado y temporalmente cargado al 100%. Los datos obtenidos durante ésta prueba serán debidamente certificados.
- El panel será completamente y funcionalmente chequeado. Se suministrará luces y switches externos para la verificación de las funciones de control discretas (on / off). Se proveerá de simuladores como caja de décadas para RTDs, fuentes de milivoltios y miliamperios, voltímetros, óhmetros, etc. para simular entradas análogas externas al panel. Los instrumentos estarán calibrados y listos para operar durante la Prueba de Aceptación en Fábrica.

Luego de la Prueba de Aceptación en Fábrica el panel y su instrumentación serán utilizados para realizar las pruebas al grupo motor / generador.

Las pruebas que se realizarán al grupo motor / generador serán:

-
- Sistema de lubricación completamente limpio e inspeccionado antes de introducir el aceite al equipo con rodamientos.
 - El equipo totalmente ensamblado en fábrica será probado a plena carga y realizado todas las pruebas funcionales. La prueba de funcionamiento será realizada de acuerdo a las pruebas de potencia del código SAE y con la última revisión del IEEE 115.

El proveedor del equipo proporcionará un plan de pruebas que describa las normas y procedimientos para las pruebas en fábrica y en sitio, controles asociados e instrumentación y sistemas auxiliares. Las siguientes pruebas serán realizadas como mínimo:

- Prueba a plena carga por cuatro horas mínimo.
- Prueba de resistencia de aislamiento
- Prueba de alto voltaje DC
- Prueba de resistencia de los devanados

Los resultados de las pruebas cumplirán o excederán los requerimientos de NEMA MG-1.

Todos los reportes de las pruebas serán certificados.

El grupo motor / generador será pintado respetando lo siguiente:

- La pintura será de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- Las superficies de acero inoxidable, vidrios, superficies internas y con acabado específico como son bridas, ejes y acoples no serán pintadas.
- Las superficies externas del equipo y la tubería, excepto lo anotado en el párrafo anterior, serán pintadas antes de ser embarcado el equipo. Los estándares, procedimientos de limpieza y pintura para las condiciones ambientales serán enviados al comprador para su revisión.

3.9 MOTORES DE INDUCCIÓN – 250 HP Y MENORES

A continuación se describe los requerimientos con los cuales se seleccionarán los motores para éste proyecto, cubre desde motores de ½ HP hasta 250 HP, trifásicos, bajo voltaje, motores de inducción tipo jaula de ardilla de acuerdo a estándares NEMA.

Los motores cumplirán con todos los estándares de seguridad y confiabilidad en las condiciones que se especificarán con una razonable expectativa de vida. Cualquier accesorio, método de fabricación, métodos operacionales que no se mencionen aquí, pero que son recomendados por seguridad deberán ser seguidos para un correcto funcionamiento del equipo. El motor, además, deberá cumplir con la respectiva clasificación de áreas peligrosas.

Los códigos y normas que deben cumplir los motores son:

- ANSI / NEMA (American National Standards Institute / National Electrical Manufacturers Association)
 - Standard Publication No. MG-1
- UL Underwriters Laboratories
- NEC National Electrical Code

Los motores serán construidos con materiales de primera calidad y diseñados de acuerdo con los estándares mencionados.

Parte de la carcasa incluyendo la estructura, soportes, cajas conduit y protecciones de los ventiladores exteriores serán fabricadas de hierro fundido.

Las protecciones de los ventiladores externos de motores totalmente encerrados enfriados con ventilador y a prueba de explosión cumplirán con NEMA MG-1.

Cualquier motor totalmente cerrado será construido con drenajes y sellos en los ejes. Los drenajes serán se acero inoxidable, el aereador / drenaje estará localizado en la parte inferior del motor.

Los ventiladores externos serán de baja inercia, bidireccionales, no producirán chispas, hechos de material inerte e insensible a los químicos. Para 3000 rpm y velocidades mayores, los ventiladores unidireccionales serán hechos de aleaciones de bronce.

Los motores serán tipo NEMA diseño B, tipo jaula de ardilla, trifásicos, 60 Hz, tendrán un torque de arranque normal y estarán diseñados para arranque a pleno voltaje al menos que se especifique lo contrario.

Los motores aprobados para áreas peligrosas Clase I o II, serán marcados con la indicación de la máxima temperatura de operación segura de acuerdo al NEC artículo 500.

Los motores estarán diseñados y contruidos sin que tenga problemas en severas condiciones industriales y ambientales, será capaz de operar exitosamente con las condiciones del sitio a temperatura ambiente, altitud, variaciones de voltaje (+/- 10% con la frecuencia nominal), variaciones de frecuencia (+/- 5% con el voltaje nominal), variaciones de voltaje y frecuencia combinadas (+/- 10% total, sin que la frecuencia exceda un +/- 5% de la frecuencia nominal), humedad, calentamiento solar constante, atmósferas corrosivas, polvo y suciedad acumuladas.

Los niveles de ruido del motor estarán de acuerdo a los estándares IEEE. El máximo nivel de ruido a 3 pies desde cualquier punto de la superficie del motor no excederá los 85 dB.

Todas las superficies externas del motor serán apropiadamente limpias y con una primera capa de pintura tipo cromato de zinc, un recubrimiento final con una capa de pintura tipo esmalte epóxico la cual protegerá al motor de ácidos y emisiones de alcaloides, ambiente salino, solventes y humedad. Esta será resistente a los efectos solares y del medio ambiente, despostilladuras o agrietamientos.

3.9.1 EFICIENCIA

La eficiencia del motor debe estar de acuerdo con:

-
- El motor será diseñado y construido para alta eficiencia al menos que se especifique lo contrario. Si los motores son de alta eficiencia, se debe garantizar su eficiencia nominal.
 - La eficiencia de los motores estará basada de acuerdo a IEEE estándar 112, método B y en la placa del motor estará el respectivo código NEMA.
 - Para todos los motores, incluidos los a prueba de explosión, el aislamiento será Clase F y diseñado para un aumento de temperatura Clase B, no higroscópico y totalmente sellado para la humedad.

3.9.2 CONDICIONES DE DISEÑO DE CORRIENTES Y TORQUE

Al menos que se especifique lo contrario, los motores serán tipo NEMA diseño B. Cualquiera que sea el diseño especificado, el motor deberá permitir o exceder la corriente de rotor bloqueado y torque especificados en los estándares NEMA para las condiciones nominales especificadas.

La corriente de rotor bloqueado no excederá los valores máximos de NEMA para el diseño NEMA y valores nominales especificados.

Todos los motores podrán arrancar a pleno voltaje al menos que se especifique lo contrario.

3.9.3 RODAMIENTOS DEL MOTOR Y SU LUBRICACIÓN

Los rodamientos de los motores de hasta 250 HP, serán del tipo anti fricción, doble sello. Accesorios engrasados no serán instalados en los motores al menos que en la planta se disponga de un programa regular de lubricación. Los rodamientos sellados tipo bola serán utilizados en todos los motores monofásicos.

Cuando sea requerido debido a la velocidad del motor y al tamaño de los rodamientos, se proveerá de lubricación forzada. Anillos recolectores de aceite y un reservorio de aceite adecuado en las chumaceras serán provistos para permitir

una adecuada parada del motor en el evento de falla del sistema de lubricación forzado.

3.9.4 DEVANADOS Y ROTORES DEL MOTOR

Todos los devanados del motor estarán contruidos de cobre. El aluminio es permitido en el rotor, si es utilizado éste será recubierto con un producto epóxico para protegerlo de la corrosión.

Todos los motores serán devanados para un solo tipo de voltaje.

Los rotores estarán contruidos de cobre, protegidos con productos epóxicos para evitar la corrosión de las superficies externas. Los devanados del estator serán envueltos en forma aleatoria y asegurados para eliminar vibraciones de la bobina durante la operación.

3.9.5 CALENTADORES DE ESPACIO

Los calentadores de espacio serán suministrados en los motores de acuerdo a los requerimientos del sitio. Los calentadores de espacio de los motores serán monofásicos a 120V, con sus terminales en una caja conduit o accesorio conduit para motores mayores a 25 HP.

La máxima temperatura de la superficie de los calentadores de espacio para motores localizados en área peligrosa tipo Div. 1 o Div. 2 no excederá los 150 grados C. (302 grados F.), lo cual será determinado de acuerdo al NEC artículo 500-2C.

Si es necesario los devanados y rodamientos estarán provistos de detectores de temperatura, igualmente su número y tipo será determinado de acuerdo a las condiciones particulares.

3.9.6 ACCESORIOS

Engrasadores resistentes a la corrosión serán provistos para la lubricación de los rodamientos.

Protecciones externas serán provistas para prevenir la entrada de humedad y polvo a los rodamientos.

Todo el equipo será tropicalizado.

Las armaduras, protecciones de ventiladores y cajas de terminales del motor serán de hierro fundido. Las protecciones de ventiladores tendrán aperturas de acuerdo a NEMA MG 1-1.26J.

Los ventiladores serán a prueba de chispas, resistentes a la corrosión y metálicos de preferencia. Un ventilador bi-direccional es preferible pero si es usado como unidireccional, la rotación del ventilador será indicada con una marca legible y permanente; y tendrá la misma dirección de rotación del equipo sobre el cual será montado.

Agujeros sin roscar y no mayor que 3/16 pulgadas serán provistos en los puntos bajos de la carcasa para drenaje del agua.

La placa del motor estará estampada de acuerdo a NEMA estándar MG1-10.37 y deberá estar permanentemente unida al motor.

Los diagramas de conexión del motor estarán permanentemente unidos al motor, sea dentro de la caja de terminales o en la estructura del motor en el mismo lado que la caja de terminales.

3.9.7 CAJAS TERMINALES

Las cajas conduit serán diagonalmente divididas, se podrán girar 90 grados, tendrán empaques, construidas de hierro fundido con agujeros roscados. Todas las cajas conduit para motores a prueba de explosión serán maquinadas para entradas metálicas.

Dispondrá de un terminal de tierra tipo lengüeta para al puesta a tierra de la carcasa del motor.

La caja conduit será de un tamaño mayor que el estándar NEMA.

3.9.8 TERMINALES DEL MOTOR

El número de cables de potencia requeridos por el motor será ubicado a una caja conduit. Estos cables tendrán el mismo valor nominal de temperatura de aislamiento que los devanados del motor. Los cables estarán permanentemente marcados de acuerdo con los requerimientos de NEMA MG1, parte 2.

Todos los cables de potencia del motor, cables del calentador de espacio, y cualquier cable de equipos auxiliares serán cableados a la caja de terminales y separados de acuerdo a la clase de voltaje.

Barreras resistentes a la humedad serán provistas entre la caja de terminales y la cavidad del motor, los cables del motor serán protegidos para prevenir una falla del aislamiento debido a la vibración del motor.

Los cables en el motor estarán marcados por secuencia de fases T1, T2, T3, para la correspondiente dirección de rotación y la secuencia de la fuente de voltaje A, B, C, en contra de las manecillas del reloj.

3.9.9 PRUEBAS

Los motores serán probados de acuerdo con los requerimientos aplicables de los códigos y estándares descritos anteriormente.

Los fabricantes garantizaran el valor del factor de potencia al 50%, 75%, y 100% del valor nominal de la carga al voltaje y frecuencia nominales.

Todas las pruebas que requieran energizar el motor serán realizadas con el voltaje y frecuencia nominales. Cada motor estará provisto de una rutina de pruebas de fábrica para asegurar que está libre de cualquier defecto eléctrico y mecánico.

3.10 REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS DE LOS EQUIPOS

Se ha descrito los requerimientos específicos para los equipos mayores de éste proyecto, pero cualquier otro equipo que utilice energía eléctrica deberá cumplir con requerimientos mínimos en sus instalaciones, diseños, etc.

A continuación se definen los requerimientos mínimos para el diseño, materiales, fabricación, pruebas de todo el equipo eléctrico y sus componentes que forman parte del equipamiento mecánico de la estación de bombeo.

El equipamiento eléctrico de los sistemas mecánicos deberá estar conforme los códigos y estándares que se enumeran a continuación:

- American Petroleum Institute (API) Recommended Practices
- NEMA Standards
- NFPA 70, National Electrical Code. (NEC)
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Standards
- Insulated Cable Engineers Association (ICEA)
- Cualquier código o norma local.

Todo el equipamiento y materiales de construcción serán registrados por Underwriters Laboratories, Inc (UL), u otro Laboratorio Nacional de Pruebas Reconocido.

Todo el equipamiento eléctrico y cableado será disponible para la clasificación de área peligrosa en la cual el equipo será instalado y las condiciones climáticas del sitio.

3.10.1 ELEMENTOS, EQUIPO TIPO CONDUIT Y ACCESORIOS

Los fabricantes de los elementos y equipo tipo conduit serán previamente aprobados.

El conduit flexible a prueba de líquidos será construido para equipamiento con alta vibración o requerimientos de movimiento y ajuste. Un puente externo de conductor de cobre trenzado y aislamiento verde será unido externamente al conduit flexible en todas las áreas Clase I, División 2.

Toda caja de empalmes y terminales será dimensionada dejando libre al menos tres (3) pulgadas alrededor de los terminales.

Una reserva de 25% en los terminales será provista para todas las cajas que los dispongan y donde sea posible. Todos los bloques terminales serán aptos para ser montados en riel tipo DIN para trabajo pesado y 600 VAC nominales.

Todas las cajas tipo NEMA 4X serán de acero inoxidable 316, con elementos de sujeción y montaje completos.

Todas las cajas de salida tipo conduit tendrán tapas o cubiertas integralmente roscadas.

3.10.2 CABLEADO DE LOS EQUIPOS

Todos los conductores y puentes para tierra tendrán aislamiento color verde.

Los conductores y cables utilizados para equipo especial de monitoreo de vibraciones (por ejemplo detectores de proximidad) serán suministrados por el fabricante del sistema de monitoreo de vibración.

El cable multi conductor para los circuitos de instrumentación tendrá cables agrupados, entorchado, apantallado y con un nivel de aislamiento igual o que exceda al especificado por el fabricante del equipo. Los conductores de circuitos de control y de parada serán de las mismas características, entorchado y apantallado cuando sea especificado.

El conductor para los circuitos del transformador de corriente no será menor que # 10 AWG y terminados en bloques terminales.

Un cable extra flexible será provisto sobre las puertas abisagradas o en otros sitios donde el conductor deba ser sujeto a continuo doblado.

El cableado de conductores de un par para instrumentación y control será envuelto en una chaqueta de neopreno o PVC, éstos serán con conductores entorchados, apantallados y que posean un conductor de drenaje. Las triadas (tres conductores) serán entorchadas, apantalladas con conductor de drenaje envueltos en una chaqueta de neopreno o PVC. Señalización y controles remotos Clase 1, y otros cables de control, alarma y parada para 600V de aislamiento serán coloreados como se muestra en la tabla #1.

Cables multi pares y multi triadas para instrumentación, control, alarmas y parada tendrán cada par y triada numerada.

3.10.3 SENSORES E INSTRUMENTACIÓN

Todos los instrumentos de medición utilizados en procesos (flujo, presión, etc.) para hidrocarburos tendrán doble barrera de acuerdo al NEC artículo 501-5 f (3).

Los instrumentos para indicación serán montados en panel con escalas ampliadas.

3.10.4 EQUIPO DE CONTROL PARA LOS MOTORES

Los arrancadores para motores serán arrancadores magnéticos a pleno voltaje, al menos que en las recomendaciones del Centro de Control de Motores se diga lo contrario. Este arrancador estará equipado con relés de sobrecarga, circuitos de protección y equipo de control auxiliar con un pulsador externo para el restablecimiento de la condición de sobrecarga. Los arrancadores estarán equipados con luces piloto que indiquen el estado del motor. La protección contra sobrecarga consistirá de relés de sobrecarga bimetálicos compensados con restablecimiento manual. El mínimo tamaño del arrancador será NEMA 1.

Un transformador de voltaje será provisto para cada arrancador con fusible en el secundario del circuito de control sin tierra y con dos fusibles en el lado primario.

3.10.5 DISPOSITIVOS DE CIERRE

Los contactos para uso en circuitos de baja energía enchapados en oro y registrado en el catálogo del fabricante como compatible para aplicaciones de contactos secos.

Los contactos para uso en switches de control e instrumentación localizados en la intemperie serán herméticamente sellados, proveerán una máxima protección en contra del polvo y corrosión permitiendo su utilización en equipo apto para áreas catalogadas como División 2.

Las luces indicadoras serán para trabajo duro, a prueba de aceite y para operar a pleno voltaje.

3.10.6 DISEÑO ELÉCTRICO DEL EQUIPAMIENTO

Los circuitos de control, alarma y parada serán a prueba de fallas. Los sensores o equipo de salida (displays) serán desenergizados cuando ocurra una falla en la alimentación a los circuitos de control.

Cada dispositivo eléctrico será seleccionado tomando en cuenta como base una fluctuación momentánea de voltaje del 20% del voltaje nominal y no será causa de la parada del equipo al menos que se especifique lo contrario.

El apantallamiento de los cables será eléctricamente continuo cuando el cable esté pasando a través de bloques terminales o cajas de unión.

Circuitos de protección serán suministrados para los controles de tal manera que cualquier falla eléctrica no afecte a alguna unidad o sistema.

Medios de desconexión con seguros serán provistos para permitir el funcionamiento individual de sistemas o componentes de control.

Diagramas esquemáticos y de cableado serán suministrados para todos los circuitos de control.

3.10.7 CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

Ningún elemento de aluminio será sujeto directamente a elementos de acero u otro metal de características diferentes.

En sitios en donde se requiera aluminio para reducir problemas de corrosión, cajas y cuerpos de aluminio estarán aisladas utilizando empates aislantes de una hoja de PVC de 1/8 de pulgada de espesor entre el aluminio y el acero. Estos estarán unidos usando pernos y tuercas de acero inoxidable 316 con arandelas de aislamiento.

Los sistemas que utilicen accesorios tipo conduit cumplirán con:

- Las juntas roscadas en conduit tendrán al menos cinco roscas completamente empleadas.
- Cajas, equipos, aparatos, y cubículos serán instalados a nivel, aplomados y apropiadamente alineados con métodos adecuados de soporte. El soporte será provisto de medios de anclaje o serán montados en platinas, ángulos o cualquier otro soporte estructural anclado al piso, pared, techo o fundación para el equipo.
- Toda conexión roscada en conduit, accesorios, cajas y tapas o cubiertas serán roscadas con lubricantes para mantener una conductividad entre los componentes.
- Una distancia mínima de separación de seis pulgadas será mantenida entre los conduit y toda tubería caliente o cualquier otra superficie sobre los 52 grados C.
- El drenaje para conduits y sellos será instalado en cada punto bajo donde la humedad probablemente se recolecte.
- Múltiples conduits no serán ruteados a través de áreas en donde exista riesgo de fuego.

-
- Los conduits serán solamente instalados a los lados o por la parte inferior de todas las cajas instaladas al aire libre sujetas a humedad o condensación.
 - Todas las conexiones a tierra serán unidas unas a otras mediante puentes.
 - Todo conduit recubierto con PVC estará preparado para ser roscado. Toda área de recubrimiento dañada será reparada de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.
 - Los sellos para conduits serán instalados con sus respectivos componentes de sellado y otros materiales del mismo fabricante.

3.10.8 CABLEADO DE EQUIPOS

Cuando el vendedor provee las extensiones del conductor apantallado para instrumentación y termocuplas, el conductor para drenaje terminará en terminales separados adjuntos a los terminales de señal. Los terminales del conductor para drenaje no serán puestos a tierra. El conductor para drenaje será puesto a tierra en el otro extremo del cable. El apantallamiento para cables de señal será mantenido tan cerca como sea posible de los terminales de conexión. El apantallamiento será continuo desde el principio al final del cable y será puesto a tierra solamente en el lado de la fuente de energía.

Excepto para circuitos de iluminación, todo el cableado será en tramos continuos desde el punto de origen hasta su destino final. Cualquier empalme o derivación será aprobado por el inspector respectivo, tanto el tipo como la localización.

Los empalmes en conductores para circuitos de iluminación serán hechos con conectores aislados tipo resorte.

Las terminaciones en los motores tendrán lengüetas para ser empernadas junto con kits de conexiones para motor.

Cada cable será identificado con su número respectivo utilizando identificaciones de acero inoxidable marcadas y aseguradas al cable con amarras plásticas al principio y final del cable.

3.10.9 IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPAMIENTO Y SEÑALES DE ADVERTENCIA

Las señales de advertencia aprobadas por OSHA (Occupational Safety and Health Administration) con letras blancas en fondo rojo, serán colocadas en puertas y cubiertas de todo equipo eléctrico que opera a 480 voltios y voltajes superiores. Las puertas o paneles de equipo que funciona a 480 voltios y voltajes mayores serán provistos de cerraduras si el equipo tiene barras o conexiones internas expuestas.

Cada pieza de equipo eléctrico incluido estaciones de control, cajas de unión, etc., será identificada mediante una placa grabada en material fenólico mostrando su número y servicio. La placa será de tres capas con letras negras en fondo blanco.

Los equipos eléctricos mayores serán suministrados con una identificación individual, de acuerdo al respectivo sistema de numeración previamente aprobado. Las señales de advertencia serán provistas para todo el equipamiento que es remotamente controlado y que debe arrancar sin advertencia para el personal en el área respectiva. Las señales tendrán fondo rojo y la condición con letras grandes blancas "WARNING" y en letras pequeñas "THIS EQUIPMENT IS REMOTELY CONTROLLED – IT MAY START AT ANY TIME".

El equipamiento con voltajes extraños y voltajes provenientes de otras fuentes en sus cubículos tendrán señales de advertencia con la indicación del voltaje que esté presente. Las señales tendrán fondo rojo y la condición con letras grandes blancas "WARNING" y en letras pequeñas "FORING VOLTAGES INSIDE THIS ENCLUSURE".

TABLA 1: CODIGOS DE COLOR PARA CABLES DE CONTROL

Tipo de señal	Descripción	Voltaje	Conductor	Color
Señales analógicas	4-20 mA	24 VDC	+	Blanco
			-	Negro
Voltaje AC		120 VAC	L1	Blanco
			N	Negro
Voltaje DC		24 VDC 125 VDC	+	Blanco
			-	Negro
Señales Discretas		24 VDC 125 VDC	+	Rojo
			-	Negro
			+	Rojo
			-	Negro
Señales discretas a PLC		24 VDC	+	DO–Café DI–Naranja
			-	Negro
Pick up	Velocidad, Pulsos	DC	Fuerza	Rojo
			Señal +	Blanco
			Señal	Negro
			Común	
RTDs	3 Conductores		+	Rojo
			-	Negro
			Compensador	Blanco

CAPITULO IV

4.1 SISTEMA DE CONTROL

En éste capitulo, se trata de dar ciertos lineamientos bajo los cuales se escoge el sistema de control para éste tipo de estaciones, éstos lineamientos únicamente dan parámetros generales de los elementos a ser utilizados, pues el escogitamiento final de todos los elementos y equipos depende de las condiciones particulares del sitio de construcción, de la lógica del sistema, filosofía de operación y de la disponibilidad de los equipos seleccionados.

A continuación se describen algunos de los elementos de juicio para escoger el sistema de control y sus componentes:

4.2 INSTRUMENTACION SUMINISTRADA CON EQUIPO PREFABRICADO.

El propósito de la siguiente información es proporcionar al vendedor información mínima para que el equipo (equipo prefabricado) cumpla con lo siguiente:

- Asegurar que la instrumentación provista cumpla con la filosofía de diseño de la estación de bombeo.
- Reducir al mínimo el número de fabricantes de instrumentos y tipos de instrumentos en la estación.
- Asegurar que la información disponible de toda la instrumentación es fácilmente disponible para todos los departamentos involucrados.
- Establecer un nivel mínimo de calidad aceptable en la instrumentación utilizada.

4.2.1 RESPONSABILIDAD DEL PROVEEDOR

Identificar al fabricante y modelo en todos los instrumentos que llegan pre armados en los equipos.

Selección del rango apropiado, presión nominal y materiales de construcción basadas en las propiedades del fluido, condiciones operativas y limitaciones del diseño mecánico para todos los instrumentos que vienen con el equipo.

Cuando se lo requiera en forma específica, suministrará un panel de control local con toda la instrumentación, alambrado, tubería totalmente ensamblada y probado.

El proveedor del equipo como parte del paquete deberá suministrar lo siguiente:

- Preparará y enviará al cliente para su revisión hojas de datos para cada instrumento suministrado. Las hojas de datos preliminares de los instrumentos serán provistas como referencia. El proveedor del equipo completará y regresará éstas hojas de datos o suministrará otras de acuerdo al estándar C-20 de ISA.
- Cada instrumento será mostrado en los diagramas de tubería e instrumentación (P&ID) de acuerdo al estándar S 5.1 de ISA o como lo indique el cliente. El cliente proveerá los números de identificación para todos los instrumentos del paquete.

La especificación de los instrumentos será ingresada en la hoja de datos con las condiciones operativas normal, máxima, mínima, los rangos y puntos de ajuste (set point) de los switches en donde se requiera.

Los instrumentos y conexiones asociadas al equipo o líneas de proceso se mostrarán en la localización apropiada en uno o mas de los diagramas del vendedor que se indican a continuación:

- Diagramas de arreglo general
- Diagramas de elevaciones y planta de tubería
- Diagramas de planta o locaciones eléctricas
- Diagramas de planta o locaciones de instrumentación

-
- Los diagramas o planos del panel de control local, incluirán las disposiciones frontal y trasera, así como también secciones típicas con dimensiones.
 - Suministrar un juego de planos descriptivos del montaje de tuberías, tuberías de instrumentación y cableado de todos los instrumentos del paquete.
 - Los instrumentos suministrados, que sean provistos directa o indirectamente por el vendedor, vendrán acompañados de toda la documentación y especificaciones, diagramas de alambrado, lista de repuestos recomendados y las instrucciones para el mantenimiento y operación.
 - Suministrar todos los esquemas o diagramas de lazo neumáticos, eléctricos o electrónicos de los instrumentos. Los diagramas lógicos y de alambrado para el sistema de parada y de interbloqueo. Diagramas en donde se muestren el arreglo de terminales para todo el equipo eléctrico si son o no alambrados por el vendedor.
 - Suministrar diagramas de alambrado para todos los paneles, éstos diagramas incluirán la identificación del conductor. Los terminales del equipo serán identificados y reflejaran el tamaño del conductor. La identificación de los conductores reflejará los puntos de entrada / salida del PLC para facilitar la identificación en el campo.

El proveedor del equipo se deberá sujetar a las siguientes publicaciones en su última revisión para la provisión del equipo:

- ANSI (American National Standards Institute)
- API (American Petroleum Institute)
- FM (Factory Mutual Engineering Corporation)
- ISA (Instrument Society of America)

-
- NEC (National Electrical Code)
 - NEMA (National Electrical Manufacturer Association)
 - NPT (American National Taper Pipe Thread)
 - SAMA (Scientific Apparatus Markers Association)
 - UL (Underwriters Laboratories)

4.2.2 INSTRUMENTACIÓN MONTADA EN EQUIPO

El proveedor del equipo suministrará de la apropiada selección del equipo, diseño e instalación de tal manera de prevenir posibles daños en las condiciones y sitio en donde serán instalados.

Los drenajes y venteos serán instalados en los sistemas que utilicen conduit y cajas de unión para prevenir la acumulación de agua. Todos los venteos y aberturas serán protegidas para limitar el ingreso de insectos. Todas las cajas serán provistas con un diseño NEMA 4X. Las cajas de acero inoxidable (304 o 316) serán utilizadas de acuerdo a la clasificación de áreas. Las cajas de hierro fundido serán provistas con un recubrimiento epóxico.

Las cajas o paneles que contengan terminales o componentes electrónicos de control; serán provistos con calentadores de espacio de bajo consumo de energía a 120V con fusibles, switch y un termostato para servicio de anticondensación.

Los paneles de control montados en el equipo (Skid) serán provistos con conexión de purga que incluya un regulador, un rotámetro con control de flujo y ventilación si los requerimientos del equipo lo exigen así. El sistema de purga será de aire seco y limpio a 100 psig. La purga tendrá un consumo nominal de 5 SCFH. La purga será utilizada únicamente para secar el panel y no será utilizado como un medio de hacer cumplir con las características de un área clasificada en especial.

Los utilitarios estarán disponibles en las siguientes formas: Las unidades de control a 24 VDC son preferibles, para equipo crítico será 120 VAC. 60 Hz (desde

un UPS) y 120. 240 o 480 VAC, 60 Hz para cargas que no sean críticas. Los instrumentos y utilitarios que funcionen con aire, será a una presión de 120 psi.

Se proveerá el equipo con todos los instrumentos montados en línea, instrumentos integrales e instrumentos requeridos para las pruebas en fábrica. Estos deben incluir termopozos, indicadores de presión, transmisores, reguladores, puntas de prueba para vibración, sensores de proximidad y válvulas de control.

Todos los instrumentos que requieran derivaciones en el proceso, serán provistos con válvulas de aislamiento de acuerdo a las recomendaciones o especificaciones del área de tubería y serán instaladas en donde no exista vibración. Los instrumentos que no estén montados en línea tendrán válvulas de aislamiento secundarias o manifolds en los instrumentos.

Los instrumentos de indicación suministrados serán provistos con escalas duales utilizando las siguientes unidades de medida:

Temperatura	Grados F	Grados C
Presión	Psig	Kg/cm ²
Nivel	Pies y pulgadas	mm, m
General	0 – 100 %	
Indicadores en Tanques	Pies y pulgadas	mm ³
Flujo		
Líquidos	GPM	m ³ por minuto
Gases y vapor	MSCFD	NCMD
Vapor	Libras por hora	Kg / hr.
Hidrocarburos líquidos	BPD	Metros cúbicos / día
La escala en flujo podrá ser 0 – 10 en escala cuadrática acompañada de un factor de escala.		

La salida estándar de los transmisores será de 4–20 mA para señales electrónicas y 3–15 psig para señales neumáticas. Los transmisores electrónicos serán tipo dos hilos al menos que se diga lo contrario.

Todos los instrumentos eléctricos suministrados por el vendedor a instalarse en área peligrosa serán diseñados para operar de acuerdo a la clasificación de áreas eléctricas en la planta. Todos los instrumentos eléctricos serán aprobados por UL o FM, al menos que el cliente diga lo contrario.

4.2.3 INSTRUMENTACIÓN: CRITERIOS DE DISEÑO

Los componentes en contacto con el fluido o gas serán de acero inoxidable 316, o como lo requiera el fluido o las especificaciones de tubería.

Todos los instrumentos para medir temperatura serán instalados en termopozos. El tamaño mínimo de termopozos bridados será de 1 ½", las conexiones de los termopozos a tanques pequeños serán bridas de 2 pulgadas. Termopozos roscados de 1 pulgada de acuerdo al ANSI B2.1 serán utilizados en donde lo permitan las especificaciones de tubería. Los termopozos serán como mínimo de acero inoxidable 304.

Los switches de temperatura locales, indicadores de temperatura, y controladores de temperatura tendrán sistemas de compensación completos.

Las termocuplas o RTDs (detectores de temperatura por resistencia) serán utilizados para la transmisión a los paneles de control. Las termocuplas serán tipo J para servicio de hasta 1000 grados F. Las RTDs serán de tres hilos, 100 ohmios de platino.

Los instrumentos que utilicen capilares serán construidos de acero inoxidable 316 y armados.

Los elementos para los switches serán de doble polo y doble camino.

Los switches que tengan doble punto de ajuste, no serán permitidos si los dos tiene el mismo valor a ser prefijado.

Para las aplicaciones de alarma y parada se utilizarán switches separados en compartimientos separados y tendrán conexiones separadas al elemento sensor.

Las carcasas de los instrumentos serán NEMA 4X, a prueba de agua, resistentes a la corrosión. Las carcasas a prueba de explosión serán utilizadas en donde se lo requiera.

Los indicadores de nivel de cristal serán tipo reflexivo para todo servicio liviano. Los indicadores transparentes con iluminación serán utilizados para interfases líquido / líquido, tanques de condensado y para servicio pesado.

Los indicadores de cristal serán aislados de los tanques pequeños mediante válvulas de bloqueo.

Las válvulas de bloque serán provistas con cada indicador.

Las válvulas de bloqueo y sangrado tendrán como mínimo una conexión de ½ pulgada según el NPT.

Las válvulas de bloqueo y sangrado son requeridas por cada instrumento individualmente.

El arreglo de las válvulas de bloque y sangrado permitirá remover al instrumento de servicio sin perturbar el proceso y permitirá su calibración si necesidad de removerlo.

La tubería utilizada para instrumentación tendrá un diámetro externo de ½ pulgada, será de acero inoxidable 316 A269 con un espesor de pared de 0.065 pulgadas sin costura.

Reguladores o eliminadores de pulsaciones serán parte integral de todos los transmisores de presión e indicadores de presión rellenos de liquido en la entrada y descarga de bombas reciprocantes, o en la succión y descarga de compresores reciprocantes, y en otros servicios para pulsación.

Se debe considerar la utilización de un protector de sobrepresión para los indicadores de presión cuando la presión de operación a la cual está sujeto en instrumento puede súbitamente elevarse sobre la presión máxima de trabajo del instrumento.

4.2.4 DIRECTRICES PARA CONEXIONES DE INSTRUMENTOS

Las señales y suministro de aire será de ¼ de pulgada rosca fina tipo hembra según ANSI B2.1.

Las entradas para cable o conduit serán de ¾ de pulgada mínimo, roscadas tipo hembra según ANSI B2.1; se podrán utilizar conexiones de ½ pulgada en segmentos cortos.

Para la conexión de los elementos de temperatura (termopozos) se tendrán las siguientes consideraciones:

- Serán de ¾ o 1 pulgadas NPT según ANSI B3.1 o bridas de 1 ½ " según lo indique las especificaciones de tubería y bridas de 1 ½" para tanques pequeños de presión o de acuerdo a las especificaciones del tanque.
- Todas las conexiones de temperatura para tanques pequeños serán bridas de 2 pulgadas tipo ANSI.

4.2.4.1 Instrumentos indicadores de presión

La conexión a proceso será de ½ pulgada rosca tipo macho según ANSI B2.1.

La conexión al instrumento será de 1/4 de pulgada rosca tipo macho según ANSI B2.1.

La conexión mínima a tanques pequeños será de 1 pulgada rosca tipo hembra según ANSI B2.1.

La conexión mínima a tuberías será de ¾ de pulgada rosca tipo hembra según ANSI B2.1.

4.2.4.2 Instrumentos para medición de flujo

La conexión será de ½ pulgada rosca tipo hembra según ANSI B2.1

Las conexiones de los rotámetros de ½ pulgada o mayores, tendrán una brida de 150 # como mínimo. Tamaños menores a ½ pulgada, será roscada tipo hembra según ANSI B2.1. Las derivaciones de las bridas que alojan platinas de orificio, serán de ½ pulgada roscada tipo hembra según ANSI B2.1. Se utilizarán bridas en tuberías especificadas para 300 libras. Las derivaciones de tubería serán de ¾ de pulgada roscadas tipo hembra según ANSI B2.1.

4.2.4.3 Instrumentos para medición de nivel

Los medidores tipo desplazador a ser instalados en tanques pequeños tendrán una conexión bridada de 2 pulgadas con especificación 150# como mínimo.

Los del tipo presión diferencial, tendrán una conexión de ½ pulgada, roscada tipo hembra se acuerdo a ANSI B2.1.

Los switches con flotador para montaje externo, tendrán una conexión bridada de 1 pulgada.

Los indicadores tipo cristal, tendrán una conexión de ¾ de pulgada roscada tipo hembra según ANSI B2.1.

4.2.5 SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN Y NUMERACIÓN DE INSTRUMENTOS

Cada instrumento tendrá asignado un número dado por el cliente, éstos números no serán duplicados.

Cada instrumento tendrá estampada su identificación en una placa de acero inoxidable permanentemente fijada al instrumento. Todas las identificaciones estarán en ingles y español.

Las identificaciones de acero inoxidable estarán permanentemente unidas al instrumento, éstas podrán ser unidas mediante alambre de acero inoxidable, remaches, pernos, etc.

Las placas además del número de identificación. fabricante, modelo y serie llevaran también lo siguiente:

-
- Presión nominal de los componentes
 - Rangos operativos
 - Voltaje
 - Frecuencia
 - Consumo de energía
 - Materiales y partes expuestas al proceso
 - Materiales de carcasa
 - Lubricantes y ajustes de presión
 - Tamaño del cuerpo y partes internas estarán en pulgadas.

4.2.6 CONEXIONES EN CAMPO

Las conexiones en campo estarán en una caja de unión en los límites de la estructura del equipo y serán provistos con terminales de acuerdo a los diagramas finales.

Cuando existan instrumentos que necesiten aire, el suministro de aire estará sujeto a lo siguiente:

- El cabezal de suministro de aire será normalmente de 1 ½ pulgadas o mayor y tiene que incluirse válvulas de bloqueo para aislamiento de los ramales.
- El aislamiento para los ramales será vertical desde parte superior del cabezal. Un mínimo de 10% de ramales se debe dejar como reserva igualmente distribuidos.
- La tubería para aire en instrumentos de campo será 3/8 pulgadas (10 mm) o mayor, la tubería para aire en paneles será de ¼ (6 mm) pulgadas o mayores.

La tubería y accesorios cumplirán con los siguientes requerimientos:

- Toda la tubería será de acero inoxidable 316, totalmente recocida conforme al ASTM A269. La tubería para proceso será sin costura; la tubería para aire de instrumentación y/o señales de aire podrá ser soldada o de tipo empatable.
- La trazados tubería de 20 pies de longitud o menores podrán ser realizados con tubería de tipo delgado. La tubería en bobinas deberá ser utilizada para trazados mas largos que 20 pies (6 m).
- Tubería de cobre (desnudo o recubierto) no será aceptada en ninguna instalación

4.2.7 TUBERÍA DE PROCESO PARA INSTRUMENTACIÓN

La tubería de proceso para instrumentación será de $\frac{3}{4}$ pulgadas (19 mm) y la tubería de mayor diámetro estará de acuerdo con las especificaciones de tubería, al menos que el los planos se mencione otra cosa.

La tubería de proceso para instrumentación de $\frac{1}{2}$ pulgada y menor será de acero inoxidable 316 sin costura. El mínimo espesor de la pared será de 0.065 pulgadas en líneas de impulso.

4.2.8 SUMINISTRO DE AIRE PARA INSTRUMENTACIÓN

El suministro de aire para instrumentación se hará por tubería de $\frac{1}{2}$ pulgada (13 mm) o mayor y será tipo galvanizada en caliente.

El suministro de aire para los ramales de instrumentación menores que $\frac{1}{2}$ pulgada (13 mm) serán de acero inoxidable 316, para tubería de $\frac{3}{8}$ de pulgadas (10 mm) o $\frac{1}{2}$ pulgada (13 mm), tendrán un espesor de pared de 0.035 pulgadas (0.889mm).

Las señales de instrumentación transmitidas por tubería será de acero inoxidable 316 y será de al menos de $\frac{1}{4}$ de pulgada de diámetro externo y con un espesor de pared de 0.035 pulgadas (0.889 mm).

4.2.9 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

Cualquier instrumento será removido del equipo antes del embarque y será debidamente etiquetado y empacado en forma separada del resto de equipo mecánico.

Todos los pórticos abiertos del instrumento que serán montados en campo, estarán provistos con venteos a prueba de agua y embalados en fundas apropiadas.

Evitar que las líneas de tubería para instrumentos pasen sobre bombas, intercambiadores o cualquier otro equipo que requiera acceso para mantenimiento.

Evitar temperaturas ambiente excesivas e influencia de superficies calientes o frías. Se debe minimizar la vibración.

Todos los instrumentos deberán estar protegidos para manipulación, salpicaduras de soldadura, chispas de amoladoras, sandblasting, pintura o de otras causas de daño durante la instalación y construcción. Generalmente, los instrumentos no se deberán instalar hasta que toda la tubería y trabajo pesado esté totalmente completado.

Los instrumentos serán instalados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y a los requerimientos internos de construcción.

Las recomendaciones API RP 550, servirá de guía general para la instalación de toda la instrumentación, sin embargo, las especificaciones del cliente serán las que manden en caso de algún conflicto.

Todos los instrumentos serán instalados con exactitud y confiabilidad de tal manera que no se deterioran debido a la vibración, pulsaciones, temperatura o contaminación.

Todos los instrumentos serán instalados para que ellos tengan fácil acceso para mantenimiento e inspección. Los instrumentos no serán localizados bajo parrillas o en cualquier lugar o manera que puedan hacer difícil o peligroso para el

personal de inspección o trabajo en ellos durante la operación o paradas programadas.

Los instrumentos serán instalados con válvulas de bloqueo y sangrado entre el instrumento y las líneas de proceso de tal manera que estos puedan ser aislados y removidos sin perturbar al proceso.

La tubería para instrumentación, el conduit serán apropiadamente protegidos y soportados. Toda la tubería de instrumentación menor a ½ pulgada de diámetro externo será continuamente soportada y protegida en canales de acero galvanizado. La tubería, conduit y toda la tubería mayor para instrumentación será seguramente soportada en canales y con grapas.

El conduit o tubería no estarán sujetos a cargas de las carcasas de los instrumentos u otro tipo de montajes. Esto incluye situaciones donde el conduit o tubería pueda ser utilizada como pasamanos o para pararse por parte del personal de instalación o mantenimiento.

La tubería para instrumentación no bloquee el acceso a los equipos sea para operación o mantenimiento; ésta tubería permitirá ser fácilmente removida de artículos que deban ocasionalmente ser cambiados.

Un número mínimo de accesorios será utilizado en la instalación de la tubería para instrumentación, el doblado de ésta tubería no será práctica frecuente para evitar la utilización de accesorios. Todos los dobleces serán hechos utilizando buenas prácticas de construcción y de apropiadas herramientas para doblar y así asegurar que el diámetro interno sea el mismo a lo largo de toda la curva y evitar deformaciones en la tubería.

Para cortar la tubería de instrumentación se utilizara siempre la herramienta adecuada. Después del corte la tubería será limada para mantener el diámetro constante de la tubería.

4.2.10 LISTA DE INSPECCIÓN

La lista debe ser aprobada por el cliente.

Pruebas hidrostáticas en las líneas de impulso.

Prueba de presión de los cabezales de aire, líneas de suministro, de señal.

Chequeo de funcionamiento y calibración de todos los componentes.

Chequeo de todos los lazos.

Inspección y chequeo general.

4.3 PLC'S – CONTROLADORES

El Sistema de Control estará basado en la técnica tipo PLC (Programmable Logic Controller) o Controladores provistos con un pórtico de comunicación MODBUS RTU para monitoreo remoto. El sistema de control proveerá a los operadores de información completa relacionada al equipamiento a ser controlado.

Cada skid operara como un elemento aparte, pero será integrado al sistema de control centralizado.

4.3.1 OPERACION GENERAL

El Sistema de Control, controlará, supervisará y monitoreará la operación de motores eléctricos, válvulas, bombas, instrumentos de campo, etc.

Para propósitos de monitoreo y supervisión el Sistema de Control estará provisto de un pórtico de comunicación tipo MODBUS RTU, el control y / o monitoreo de varias funciones será realizado por medio de un Panel de Operación. El operador estará en capacidad de monitorear cada punto del sistema.

El Sistema de Control, estará provisto de alarmas automáticas para condiciones anormales del sistema. Las condiciones de alarma incluyen cambios de estado sin autorización, fallas de un comando al cambiar el estado y cualquier cambio de estado de los dispositivos seleccionados. Ciertos datos de campo serán probados como protección en su condición y límites, y las alarmas generadas si los valores están fuera de éstos límites.

4.3.2 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

El Controlador tendrá una interfase de usuario simple que permita a los usuarios tener varios niveles de acceso al sistema de control y a los datos almacenados en él. El lenguaje de programación será amigable para ingenieros y técnicos. Diagramas de escalera o bloques de funciones lógicas serán los lenguajes utilizados en el programa del Controlador.

El Controlador podrá detectar sus propias fallas al igual que las del equipo asociado a él. Un temporizador externo tipo guardián podrá ser utilizado para la detección de sus fallas.

El hardware ensamblado podrá soportar severas condiciones industriales.

El Controlador tendrá un reloj a tiempo real y un módulo de comunicaciones. Los módulos podrán ser aumentados y a éstos será posible expandirlos con módulos de entrada / salida. Todas las señales externas serán conectadas a los módulos de entrada / salida.

El Controlador será entregado en sus respectivos paneles de control.

El Controlador controlará el equipo montado en el skid sin dependencia de comunicaciones con el sistema supervisorio.

El Controlador tendrá una secuencia de arranque automática, la cual hará operar al sistema en una manera controlada. Toda necesaria inicialización, autodiagnóstico y otras secuencias similares serán ejecutadas independientemente por un operador o alguna comunicación con el sistema supervisorio.

Todas las señales de entrada / salida serán conectadas al controlador de una manera a prueba de fallas. Ninguna falla del equipamiento o software resultara en daños o alguna situación incontrolable.

Todos los módulos serán aprobados para ser montados en áreas clasificadas como Clase 1, División 2, Grupos C&D, incluyendo el CPU, tarjetas de comunicaciones y fuentes de poder. El proveedor utilizará en menor tipo de módulos de entrada / salida posibles. Esto asegurará una fácil operación y reducirá el número de partes de repuestos requeridas.

El Controlador tendrá un software que soporte como mínimo las siguientes funciones:

- Procesos de adquisición de datos.

-
- Generación de comandos de control.
 - Procesamiento de medición en condición de alarma.
 - Registro de alarmas y otros reportes.
 - Generar reportes al sistema supervisorio.
 - Transmitir mediciones al sistema supervisorio.
 - Controladores PID estándares.
 - Funciones de conteo y tiempo.
 - Bloques de funciones para motores.
 - Bloques de funciones para válvulas.
 - Mecanismos de programación para funciones en cola y de secuencia.
 - Funciones de interbloqueo, inhibición, bypass, etc., incluyendo indicación de la condición.
 - Filtración de ruido, histéresis, etc., para la eliminación de alarmas falsas y funciones de fijación de arranque y parada.
 - Módulos de inicialización del programa para arranque y re arranque después de un funcionamiento defectuoso para evitar malos direccionamientos.
 - Supervisión operacional en tiempos de receso.
 - Bloques de funciones para grupos Bomba – Motor para su manipulación.
 - Protecciones para grupos Bomba – Motor.
 - Comandos de paradas de emergencia.
-

- Comandos para parada de emergencia de determinadas unidades.

Cuando todos los programas sean instalados, el Controlador tendrá un mínimo del 50% de disponibilidad en memoria para futuras expansiones y no se incluirán módulos de reserva o espacio en el rack.

El tiempo de ciclo de un programa no excederá los 10 ms, éste requerimiento será satisfecho cuando el sistema es expandido al tamaño mínimo descrito arriba. Todo el equipamiento del Controlador será aprobado por una agencia reconocida internacionalmente como UL, FM o CE.

El Controlador y sus componentes deben ser aptos para funcionar en condiciones ambientales con una humedad relativa entre el 5 y 95% y un rango de temperatura de 0 a 60 grados Celsius.

4.3.3 ESPECIFICACIONES DEL CONTROLADOR

4.3.3.1 Módulo del CPU

Condición del módulo con un LED	En operación
Rojo:	Falla detectada (hardware / software)
Verde:	Fuente 24 VDC
Amarillo:	Voltaje de batería bajo el límite
Rojo:	Sobre temperatura
Verde activo:	Procesador activo
Rojo bloqueado:	Procesador inactivo
Fuente:	24 VDC
Memoria RAM	Para configuración almacenamiento de datos.
Batería de respaldo	Litio
Tiempo de procesamiento para 1000 instrucciones	Menos de 4.0 ms.

4.3.3.2 Fuente de poder

Rango voltaje de entrada	16 – 32 VDC
Potencia de entrada	De acuerdo con requerimientos
Máxima potencia de salida	De acuerdo con requerimientos
Fusible de protección	Si
LED	Voltaje de salida 24 VDC

4.3.3.3 Módulo de Entradas / Salidas Analógicas.

Las señales de entrada analógicas serán filtradas, eléctricamente aisladas y digitalizadas en grupos por medio de un convertidor de 12 bits analógico / digital.

Las señales digitalizadas procesadas internamente serán convertidas a valores analógicos por medio de un conversor D/A a 12 bits, eléctricamente aisladas y sacadas como señales estándares vía filtros (EMI y filtros de paso bajo).

Estado del módulo	En operación
Rojo parpadeante	Error interno del módulo
Verde	Sistema funcionando
Anaranjado:	Auto diagnostico completado, módulo en comunicación con el CPU
Número de puntos:	Hasta 8
Rango de corriente de entrada:	4 – 20 mA.
Impedancia de entrada:	250 ohm.
Detección de circuito abierto:	E-Escala de lectura en cero. S-Ninguna
Tiempo típico de detección:	1 segundo
Modo normal de rechazo de ruido:	Mayor que 60 dB a 60 Hz.
Rechazo de ruido común	120 dB a 60 Hz.
Ancho de banda del canal	0 – 15 Hz.
Capacidad de sobrecarga	Hasta 40 mA.
Conversor A/D	Aproximaciones sucesivas, resolución 12 bits
Conversor D/A	Red de resistores, resolución 12 bits

Exactitud de la conversión	0.5% o mejor
Inmunidad RFI	Error menor 2.0% del rango a 10V/m, 27 a 1000MHz
Aislamiento	Aislamiento galvánico

4.3.3.4 Módulo de entradas / salidas digitales

Las señales de entrada digitales serán filtradas (EMI y paso bajo) y eléctricamente aisladas en grupos de 8 canales. Con un display de estado del circuito por cada canal.

Las señales de salida digitales serán filtradas (EMI y paso bajo) y eléctricamente aisladas en grupos de 8 canales. Con un display de estado del circuito por cada canal.

Estado del módulo	En operación
Rojo parpadeante	Error interno del módulo
Verde	Sistema funcionando
Anaranjado:	Auto diagnostico completado, módulo en comunicación con el CPU
Número de puntos:	Hasta 16 canal galvánicamente aislado.
Tipo:	24 VDC sensores activos o contactos con una fuente externa de 24 VDC.
Nivel de entrada:	Señal L: 0.....5V Señal H: 15.....30V
Corriente de entrada:	8 mA.
Impedancia de entrada:	3 kohms
Condición del canal:	LED Verde
A prueba de corto circuito	Si
Aislamiento:	Aislamiento galvánico

4.3.3.5 Módulo de salida digitales tipo relé.

Estado del módulo	En operación
Rojo parpadeante	Error interno del módulo
Verde	Sistema funcionando

Anaranjado:	Auto diagnostico completado, módulo en comunicación con el CPU
Número de puntos:	Hasta 4 relés de salida, eléctricamente aislados
Máxima corriente de salida:	5A, 24 VDC
Condición del canal:	LED Verde
Protección de contactos:	Protección de contactos vía fusible.
Aislamiento:	Aislamiento galvánico

El equipamiento eléctrico y electrónico deberán operar satisfactoriamente independientemente y en conjunto con otro equipamiento el cual estará colocado en las cercanías. Esto requiere que los voltajes de interferencia y campos desde fuentes externas no afecten la operación del equipamiento.

El equipamiento no será afectado por emisiones de radiofrecuencias de 50 MHz hasta 1000 MHz con un transmisor de 1 W localizado a 12 pulgadas del equipo con las puertas del panel abiertas. El diseño básico de los componentes del equipo y su ensamblaje considerarán la interferencia de radio frecuencias.

Toda parte metálica conductiva sin señal o sin corriente del panel serán eléctricamente continuas y unidas al equipo. El sistema de tierra y las uniones será construido y aprobado de acuerdo con el estándar UL 467 y será instalado como lo requiere el NEC. Todo conductor de tierra estará, puesto a tierra a un terminal o placa aislada. La conexión de las pantallas de los circuitos externos será hecha en un terminal aislado para permitir la continuidad del circuito.

El equipo incluido en el sistema estará diseñado para trabajar con elementos de estado sólido y circuitos integrados. Todos los componentes y el alambrado con corriente alterna serán eléctricamente y físicamente aislado de los otros componentes y alambrado, tanto como sea posible.

4.3.4 SOFTWARE DEL SISTEMA DE CONTROL

La interfase del operador provisto permitirá una eficiente comunicación de datos operacionales y condiciones anormales de la estación. Este proveerá de un

sistema consistente para visualizar la información. En áreas críticas será visible siempre. Un área predefinida de la pantalla proveerá al operador de mensajes y serán visibles siempre. Un conjunto de herramientas estándares de configuración y navegación a través del sistema de control serán provisto. Estas serán independientes de cualquier otra pantalla.

La etiquetas de la base de datos serán configurables como discretas, valores reales y enteros, y cadenas. Utilitarios deberán ser incluidos para importar / exportar la base de datos desde y hacia otras aplicaciones, bases de datos o editores. La base de datos tendrá una designación de etiquetas para cada punto.

Varias asignaciones de entrada y salida de hardware tal como funciones de procesamiento, serán asignadas a etiquetas o bloque de funciones. Múltiples etiquetas podrán ser unidas para ejecutar funciones complejas. Durante el proceso de configuración el programa será capaz de chequear la estructura de las etiquetas para un correcto enlace y nombres apropiados.

Dos clases de alarmas serán manejadas por el sistema, éstas son:

- Alarmas de campo – Estas se obtienen desde el equipo de monitoreo y transmitido por la red.
- Alarmas derivadas del computador – éstas son obtenidas del cálculo, monitoreo u operaciones lógicas del software.

El reconocimiento de alarmas dejará de estar intermitente en la lista de resumen después de su reconocimiento. Las alarmas permanecerán en lista hasta que la condición de alarma sea despejada, a la vez que el reconocimiento de la alarma es removido de la lista.

Las alarmas serán generadas por las siguientes condiciones:

- Cuando el valor de un dato (de campo o calculado) está fuera de límites (para aquellos valores cuyos límites son chequeados).

-
- Cuando el valor de un dato (de campo o calculado), su porcentaje de cambio (desviación) excede los límites (para aquellos valores cuya desviación es chequeada).
 - Cuando la situación de un cambio la cual no a sido ordenada (sin autorización) es detectada.
 - Cuando un comando falla, sin completar la operación en periodo especificado de tiempo.
 - Cuando un punto de alarma cambia de estado.
 - Cuando un programa es deshabilitado para completar el control de una operación en un Controlador remoto debido a un rechequeo de errores o errores de comunicaciones que exceden el limite de reconocimiento.
 - Detección de un número excesivo de fallas en las comunicaciones.
 - Cuando un programa de aplicación determina que la condición de alarma existe como resultado de cálculos.

4.3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS ANALÓGICOS

Los datos analógicos obtenidos en campo serán, validados, chequeados su límite, convertidos, mostrados, reconocidos y utilizados en los subsecuentes cálculos. La validación será ejecutada en cada punto analógico para confirmar su validez de recepción. Cada valor analógico será chequeado de nuevo en sus límites razonables, es cual es predefinido para cada punto analógico. Cualquier falla en éstas pruebas dará como resultado en un nuevo valor analógico que será descartado y el valor anteriormente almacenado será retenido y marcado.

La falla en el chequeo de validación resultará en una condición de alarma y será procesada así.

4.3.6 CÁLCULOS Y OPERACIONES

El software será provisto con capacidad de scripting para una rápida acción de prototipos, cálculos y simulación. La condición de script incluye, En verdad, En falso, Pasar a verdad y pasar a Falso. Los botones de script incluyen en botón hacia abajo, Pasar botón abajo y pasar botón arriba. Las ventanas script pueden ser invocadas cuando se abre, se cierra o se pasa a abrir. Los cambios de datos de script se activan cuando los datos cambian de valor, sobre acciones del operador tal como selección de objetos o como resultado de eventos como condiciones de alarma.

Las funciones de soporte incluyen expresiones lógicas y matemáticas para ser utilizadas en manipulación de cadenas, funciones matemáticas, archivos de entrada / salida, recursos del sistema y representaciones numéricas hexadecimales o científicas. Todos los cálculos serán hechos en valores de punto flotante. Los resultados serán asignables a números de etiquetas y utilizados en otros cálculos o despliegues.

4.4 PROGRAMACIÓN DE PLC'S

El propósito de ésta sección es proveer una guía para el desarrollo de software de los PLC's y establecer una consistencia en el diseño de los equipos.

Esta guía se aplica al software para PLC's o controladores, los cuales pueden incluir lógica escalera con relés, diagramas de función secuenciales, lista de líneas de control, y otros lenguajes de uso común para el control directo de una máquina basado en sistemas con PLC's o Controladores.

Las aplicaciones del software del controlador incluyen secuencias, partidas de materiales, procesos de control analógico, adquisición de datos y protocolos de comunicación a bajo nivel.

4.4.1 METODOS

En la Fase de Requerimientos se genera un documento de alcance del proyecto. Este documento incluye requerimientos funcionales, de ejecución, métodos de programación, pruebas y requerimientos impuestos por el cliente para el control de los sistemas.

Los requerimientos del sistema serán apropiadamente definidos y totalmente entendidos. El alcance llegará a ser un documento de trabajo utilizado por todo el equipo del proyecto.

En la Fase de Diseño, y en lo que compete a la fase de diseño preliminar de los documentos del proyecto se definirán la arquitectura de los Controladores, hardware, componentes del software y los enlaces con equipo externo. El nivel de arquitectura superior del software deberá ser desarrollado incluyendo una tabla de datos estándar, esquemas de archivos de programa y métodos de programación estándares para elementos típicos. Además, incluye interfases para equipo externo tal como terminales de operador.

El hardware y el software del Controlador serán definidos en ésta fase. El tamaño de la memoria, tiempos de rastreo máximo aceptado, requerimientos de capacidad de reserva será documentado.

La arquitectura general de los Controladores del sistema de control es definida en ésta fase. Un diagrama del sistema deberá ser desarrollado detallando las áreas de control del Controlador, sus límites e interconexiones con equipo externo.

El método de ejecución para las pruebas del sistema deberá ser desarrollado en éste momento. El método no necesitará ser detallado pero deberá contener una descripción del ambiente de pruebas, documentación para las pruebas, grado de la prueba y una descripción general del sistema de pruebas.

En la Fase de Diseño de detalle del proyecto se generarán narrativas y descripciones en detalle para la programación de cada controlador. En ésta fase del proyecto también los documentos de detalle y generales de la estructura de programación del Controlador, esquema de la tabla de datos, requerimientos de entrada y salidas discretas de cada módulo será definido.

En la fase de implementación, el software del Controlador es desarrollado utilizando los documentos de diseño creados en la fase de diseño. Los documentos de diseño proveerán un nivel de detalle que minimice los esfuerzos de programación y expandan las opciones de disponibilidad del personal.

El programa del Controlador será probado utilizando el método descrito en la fase de diseño preliminar. Las pruebas asegurarán que el funcionamiento del software fue diseñado y forma parte del conjunto de requerimientos de la documentación de detalle.

En la fase de instalación e inspección, todos los módulos del controlador serán integrados a su ambiente operacional y probados en éste para asegurar el funcionamiento requerido.

El programa para el controlador deberá ser modular, es decir, que el programa del controlador podrá ser dividido y fácilmente guardado en módulos o subrutinas. Estas podrán ser separadas por funciones o unidades de operación o, si la aplicación no lo permite, en flujo de datos. Las Entradas / Salidas podrán ser organizadas en una bien definida estrategia. Posibles esquemas serán por orden de proceso o por una estructura de archivo previamente definida. La estructura

de los datos podrá ser organizada para ayudar a un ambiente de programación estructurada.

La consistencia, define una estructura de datos que soportara una programación estructurada. Desarrollo de reglas específicas de diseño. Desarrollar y seguir plataformas específicas de reglas de diseño. Mantener una descripción consistente de cada aparato y puntos de entrada / salida de todo el sistema.

La calidad de la documentación, es aquella que es capaz de ser utilizada en el paquete y los paquetes de programación soportan totalmente la documentación por páginas, escalones y aparatos.

Un código robusto es aquel que puede ser implementado de tal manera que su posición dentro de la búsqueda del Controlador no afecte su función. Una entrada no requerida en las secuencias, subrutinas o funciones deberán ser controladas y bloqueadas. Se pondrá especial atención en la entrada de las funciones simples, subrutinas y secuencias.

Manteneabilidad, es utilizar solamente la cantidad de complejidad requerida para lograr la tarea. Todos los elementos del programa serán totalmente documentados. La utilización de descripciones narrativas del programa y su proceso son de gran ayuda cuando algunos cambios serán implementados. Tanto elementos de datos como sea posible y la misma estructura de programa será utilizada para incrementar la modularidad entre los diferentes Controladores.

El esquema de archivos del programa en los Controladores que soportan múltiples archivos de programas y subrutinas, la localización de áreas específicas para cada tarea es deseable. Esto permitirá el uso de subrutinas comunes para acompañar tareas comunes como la interfase con displays de video. En éstos Controladores que no soportan un archivo programa o subrutina separados, el mismo resultado podrá ser conseguido utilizando técnicas que activen contactos de bloques o escalones.

La estructura común del programa, en cada programa de un Controlador podrá lucir similar a todos los otros programas en el proyecto. Además, funciones

similares en un programa dado tendrán la misma estructura. Para un Controlador múltiple de un proyecto la estructura del programa general deberá seguir constante a través de todos los controladores. El software de programación que soporta la importación de escalones, conjuntos estándares de lógica deben ser generados para aparatos tales como válvulas y motores. Con limitaciones éstos escalones comunes pueden también ser automáticamente generados mediante capacidades macro o herramientas de software fuera de línea.

Pruebas detalladas del programa del Controlador son esenciales. El método preferido de pruebas será utilizando en ambiente real de trabajo del Controlador. Desde éste punto de vista no es práctico, que se utilice un paquete que emule al Controlador.

En las especificaciones de la secuencia de control, el proceso a ser controlado por los Controladores debe ser descrito lo suficiente para permitir un desarrollo detallado de la secuencia de control. Esta descripción narrativa, usualmente se refiere a la secuencia de operación, ésta debe ser desarrollada y aprobada antes que el diseño de detalle arranque.

Con respecto a los códigos de estandarización, el programa contendrá módulos estándares. Aunque cada controlador tenga una única función que desarrollar, ciertas partes del software permanecerán constantes

El uso de subrutinas, se lo hará en donde existan funciones de control que son utilizadas por varios de módulos en el proyecto. Si el controlador seleccionado soporta el uso de subrutinas, éstas funciones serán desarrolladas con una interfase genérica para uso general.

El diseño de la tabla de datos del Controlador es la clave para un programa consistente y de fácil mantenimiento.

4.4.2 LÓGICA DE DIAGNÓSTICO

En lo que se refiere a la lógica de diagnóstico, hay muchos aspectos de información de diagnóstico que puede estar incluida en el programa del Controlador. Algunos ejemplos de información de diagnóstico son:

-
- Estado de la secuencia actual de operación.
 - Estado de cualquier equipo electrónico monitoreado por el Controlador incluyendo tarjetas de entrada / salida, tarjetas analógicas, otras interfases inteligentes, y diagnostico del propio procesador.
 - Diagnostico de apertura y cierre de switches de límite
 - Diagnóstico de una bomba funcionando sin flujo o indicación de presión.

La Arquitectura de Control es desarrollada desde la Filosofía de Control, el documento de alcance del sistema, y la información proporcionada por los P&IDs (Piping and Instrument Diagrams). Con la Arquitectura de Control y los métodos de Comunicación y Datos, los diagramas de configuración del Controlador son desarrollados. Una vez desarrollados los diagramas de configuración, las tarjetas de entrada / salida son asignadas y una lista de entrada / salidas es creada. La secuencia de operaciones es generada basada en los P&IDs y una descripción general del proceso es desarrollada. La secuencia de operación entonces provee la información necesaria para generar tanto los gráficos de función secuencial y la tabla de asignación de datos del Controlador. Con la tabla de asignación de datos y los gráficos de función secuencial completos, la programación del controlador puede empezar.

Cada módulo será sometido a una serie de pruebas antes de la instalación en el ambiente deseado. En donde lo permita la plataforma del controlador, pruebas lógicas serán incorporadas y utilizadas en tandem con las funciones de fuerza para probar la secuencia del programa.

4.4.3 PRUEBAS

Las pruebas en fábrica tendrán lugar después de la revisión del diseño de la programación del Controlador. El procedimiento de prueba que fue establecido en la fase de diseño preliminar será el seguido. Como mínimo los siguientes ítems serán probados:

- El programa será cargado e inicializado sin fallas del procesador.

-
- El programa se recuperará apropiadamente después de una falla de energía.
 - Modos no automáticos de operación.
 - Modos automáticos de operación.
 - Condiciones de falla
 - Interfaces del operador.
 - Interfase del sistema Supervisorio.
 - Robustez del programa.
 - Pruebas de campo.

Un Controlador y su equipo relacionado serán entregados e instalados, y la prueba final del programa tendrá lugar. Inicialmente, cada punto de entrada / salida en el Controlador podrá ser probado individualmente para verificar su apropiada instalación física. Esto incluirá la energización de cada salida y observar el cambio de estado para cada entrada. Las entradas / salidas analógicas podrán probadas de una forma similar.

Cada punto de entrada / salida se verificará su apropiada operación. El programa del controlador será cargado. El programa será probado otra vez para verificar su apropiada inicialización durante la energización. Las interfases del operador e interfases de todos los aparatos externos serán chequeadas para su apropiada operación. Los modos de operación en manual, mantenimiento y parada de emergencia serán probados para su apropiada operación usando la interfase del operador instalada. En éste punto, el sistema está listo para probar la secuencia automática. Estas pruebas podrán incluir los siguientes ítems como mínimo:

- Funcionamiento del modo automático utilizando un mínimo de la lógica de prueba.

-
- Prueba rápida de un proceso real utilizando los materiales a ser instalados.
 - Condiciones de falla donde sea posible.
 - Sintonización final.

4.5 PANELES DE CONTROL

Los paneles para PLC's o Controladores que serán instalados en el campo, serán aptos para operar en área clasificada como Clase 1, División 2, Grupo C & D. Los paneles tendrán un diseño NEMA 4X, éstos paneles serán aptos para instalarse en clima tropical con alta humedad y presencia de insectos.

El panel de control del Controlador del Sistema de Control de la Estación será instalado en el cuarto de control de la estación, en un área no clasificada. El panel será se diseño NEMA 12.

Se suministrará los paneles de control completamente ensamblados y probados, con todos los componentes del PLC o Controlador tales como, fuente de poder, tarjetas de entrada / salida, tarjeta de comunicaciones, panel de operador si se requiere, bloques terminales, alambrado, luces, switches, relés de control, etc. requeridos para la total operatividad de la unidad.

El proveedor del equipo deberá estar al tanto de las siguientes publicaciones en su última revisión:

- ASTM (American Society for Testing and Materials).
- ASTM D636 Rate of Burning and / or Extended Time Of Burning of Self-Supporting Plastic in a Horizontal Position.
- ASTM D1693 Standard Test Method for Environmental
- Stress Cracking of Ethylene Plastics.
- AWS (American Welding Society).
- AWS D1.1 Structural Welding Code.
- IPCEA (Insulated Power Cable Engineers Association)
- IPCEA S-66-524 Cross-linked Thermosetting Polyethylene Insulated Wire and Cable for Transmission and Distribution of Electrical Energy.

-
- ISA (Instrument Society of America)
 - ISA RP 7.1 Pneumatic Control Circuit Pressure Test Requirements.
 - ISA RP 60.8 Electrical Guide for Control Centers.
 - ISA RP 60.9 Piping Guide for Control Centers.
 - NFPA (National Fire Protection Association)
 - NFPA 496 Purged and pressurized Enclosures for Electrical Equipment.
 - SSPC (Steel Structures Painting Council)
 - SSPC SP1 Surface Preparation Specification No. 1 Solving Cleaning.

Los paneles de control ejecutarán funciones de control y monitoreo especificadas y / o requeridas por la Unidad de Proceso. Los paneles de control formarán parte del sistema de control, protección e instrumentación de la unidad. Estos manejarán el control de operación, provisión de protección y monitoreo de la ejecución de la unidad de proceso.

El proveedor del equipo emitirá los siguientes planos:

- Todas las dimensiones físicas, que muestren el tamaño total y espacio requerido y la interrelación de los otros componentes.
- Cortes, secciones y detalles de todos los componentes.
- Toda información requerida por ingeniería para el diseño y localización de todas las conexiones estructurales, mecánicas o eléctricas, tales como, fundaciones, soportes de acero, tubería, ductos, cables, conduit, etc.
- Peso del equipo y distribución de las cargas estáticas y otras cargas.
- Diagramas de alambrado.
- Detalles de características especiales.

- Clasificación de área peligrosa, etc.

Los paneles deben ser diseñados para resistir sin daños y proteger su contenido.

El panel será diseñado para evitar los efectos dañinos del medio ambiente. Drenajes y calentadores para evitar la condensación con control de termostato serán provistos.

Los paneles que contengan equipo electrónico serán provistos de conexión para aire de instrumentación a 100 psi, con reguladores de flujo y rotámetros que provean un flujo de purga de aire nominal de 5 scf/h, para controlar la humedad y reducir los requerimientos de clasificación de área.

El equipo montado en los paneles de control estará localizado para su fácil acceso, todo equipo en la parte frontal o posterior será fácilmente removible sin necesidad de remover otros elementos.

Todos los procedimientos de soldadura y sus calificaciones serán de acuerdo a AWS D1.1 y serán ejecutados de acuerdo a los procedimientos del fabricante, la verificación e inspección estará de acuerdo a la sección 7.8 del AWS D1.1.

Las carcasas de los paneles serán fabricadas de acero inoxidable 304 de alta calidad. Los subpaneles serán del mismo material. Después de completar el corte y ensamblado de los paneles, grasas y aceites serán removidos de acuerdo con SSPC-SP1, en donde no sea posible remover residuos con solventes se podrá hacerlo utilizando vapor. El panel estará libre de cualquier parte cortante, raspones, despostilladuras, etc.

Ángulos de hierro podrán ser utilizados en la estructura para proveer rigidez, y una estructura para autoportado, la cual será cuadrada y vertical.

Las puertas o paneles abisagrados serán equipados con seguros mecánicos. Las llaves podrán removidos tanto en posición segura y sin seguro. Cada panel tendrá una llave diferente y única.

Todo el alambrado cumplirá con las recomendaciones de la OSHA, así como también del NEC, para las clasificaciones dadas en los planos. Todo material

eléctrico será aprobado por UL o FM. Los paneles de control serán totalmente alambrados en fábrica, con sus respectivas canaletas, marcadores para cables, bloques terminales, etc. Estos componentes serán de materiales no flamables tal y como se define en el ASTM D636.

El conductor para las interconexiones internas, excepto las indicadas, será trenzado estándar, tipo NEC SIS, con aislamiento de 600 V resistente al calor. El cable que está en partes móviles, será de 41 hilos tipo flexible, asegura en cada lado de la parte móvil (puertas, etc.), ensamblado con suficiente holgura para minimizar la fatiga del cable y su rotura.

El mínimo tamaño y aislamiento de los cables son los siguientes:

Señales de bajo nivel	#18 AWG/300V. Menos que 50 VDC y 100 mA.
Señales de control (AC y DC)	#14 AWG / 600V.
Circuitos	#10 AWG / 600V.
Tomacorrientes utilitarios	#12AWG / 600V.
Iluminación interior	#14AWG / 600V.

El cableado externo entrará al panel por la parte inferior. Todas las acometidas y cables de salida (excepto cables de extensión de termocuplas, y cables especiales) serán conectados utilizando fusibles.

El cable para termocuplas será # 16 AWG, sólido, aislado, color de acuerdo al ANSI y polarizado. Los cables de termocuplas que provienen del campo serán terminados directamente a cada instrumento de temperatura.

Conduit rígido galvanizado con conexiones de presión roscadas y herméticas y aprobadas para manejar sellos serán usados en el cableado (excepto para termocuplas y cableado intrínsecamente seguro), o el método apropiado y aprobado de acuerdo al tipo de cable utilizado en la instalación en áreas Clase 1, División 1 y 2. Las cajas de conexión serán de acero inoxidable de alta calidad y aprobadas por UL, con empaques que permitan ser utilizadas en área División 2.

Las conexiones para conduit en los paneles serán realizadas a través de hubs roscados.

Todos los terminales serán perfectamente identificados con marcas indelebles, los bloques terminales tendrán una capacidad de reserva del 25% y serán del tipo modular de las siguientes características:

- Adecuados para ser montados en riel.
- Tornillo de los terminales antiloosen, con aislamiento de melanina
- Particiones de colores
- Elementos de sujeción para los finales.

Todas las conexiones de los equipos montados en el panel serán hechas de un solo lado de los bloques terminales con no mas de dos conductores conectados en el mismo tornillo del terminal. Los bloques terminales para circuitos de transformadores de potencial y para circuitos de 120 V y 24 VDC, estarán separados entre si. Estos serán similares a los terminales de control, pero serán capaces de aceptar un cable máximo # 6AWG. Los bloques terminales para transformadores de corriente serán del tipo compacto.

El equipo sensor de corriente será protegido con los apropiados fusible o breakers.

Una barra de cobre (de ¼ de pulgada por una pulgada) será instalada en el fondo, cubrirá todo el subpanel y tendrá disponibles pernos tipo compresión en cada lado de la barra para un cable de tierra # 2 AWG. Esta barra será conectada al panel.

Una segunda barra similar a la de tierra será instalada sobre la primera, aislada del panel. Cuando un lazo requiera puntos de señal o el apantallamiento del cable será puesto a tierra, o cuando se requiera una tierra espacial en acuerdo a los diagramas, ésta barra será la que se utilizará.

Placas grabadas en blanco y negro laminadas en plástico serán provistas para indicar todos los componentes del panel.

Iluminación interna será provista para el panel. Las lámparas serán protegidas para evitar el contacto accidental del personal.

Un tomacorriente a 120 VAC, cerca del fondo del panel podrá ser instalado. El cableado de fuerza para la iluminación y tomacorriente será hecho por conduit y terminará en bloques terminales dimensionado para 120 VAC.

Tipo de señal	Descripción	Voltaje	Conductor	Color
Analógica	4-20 mA	24 vdc	+	blanco
			-	Negro
Fuerza AC		120 vac	L1	Negro
			N	Blanco
Fuerza DC		24	+	Rojo
			-	Gris
Discretas (E/S al PLC en Panel)		24 vdc	Entradas	Naranja
			Salidas	Café
Discretas (Cableado en campo)		24 vdc	+	Rojo
			-	Negro
pick up	Velocidad, Pulsos	dc	Fuerza	Rojo
			Señal +	Blanco
			Señal Común	Negro
RTD	¾ conductor		+	Rojo
			-	Negro
			Compensador	Blanco

Después del ensamblaje las siguientes pruebas serán realizadas en cada panel chequeo de aparatos, el vendedor probará la configuración de todos los relés auxiliares, contactos convertibles, posición NO y NC, de acuerdo a los diagramas, operación de contactos, posición de switches,

Se deberá chequear todo el cableado, punto a punto, de acuerdo as los últimos diagramas, su correcta posición en los bloques terminales y etiquetas.

La prueba de resistencia de aislamiento será realizada en los grupos de cables conectados a los bloques terminales. La prueba será realizada con un megger de 1000V operado continuamente al menos por 60 segundos consecutivos, en forma estable y fijo de 5 megohms o mayor para su aceptación. Cualquier grupo probado que muestre un valor abajo del 50% del promedio del valor de todos los grupos chequeados, se determinará y corregirá la causa y se lo volverá a probar.

Las pruebas funcionales se deben realizar para realizar que los siguientes requerimientos sean satisfechos:

- Los instrumentos son individualmente funcionales de acuerdo a los parámetros de diseño.
- Los lazos de los instrumentos son funcionales de acuerdo a los parámetros de diseño.
- Los lazos de alarma o las señales de control de salida están de acuerdo con los parámetros de diseño.
- Si todos los componentes de un lazo no están disponibles para la prueba, sus funciones serán simuladas de modo que la prueba sea realizada en forma más cercana a la realidad.

Una marquilla individual tipo manga identificará cada final de cable, de acuerdo a los diagramas respectivos. Las marcas serán resistentes a las llamas y no serán menores de 1 pulgada de largo.

El recorrido del tubing será identificado en sus lados extremos de igual manera que los cables. Las etiquetas circulares de acero inoxidable podrán ser utilizadas para identificar las uniones.

4.6 SISTEMA DE CONTROL DE LA ESTACION

El equipo fundamental de bombeo de Quinindé consiste en tres Bombas principales accionadas mediante un motor de combustión interna que funciona mediante crudo (principalmente) o diesel, cada bomba consiste de:

- Bomba centrífuga.
- Incrementador.
- Motor de combustión interna.
- Servicios auxiliares.

Cada tren del grupo bomba / motor será controlado por un PLC dedicado, con un panel de operador para protección, secuencia y control.

Todos los instrumentos de campo relacionados con cada bomba serán monitoreados y controlados localmente por el panel de operación instalado en panel de control.

El PLC será instalado en un panel de control, localizado cerca del grupo bomba / motor en un área clasificada como Clase 1, Div. 2, Grupo C&D por lo que el panel de control será tipo NEMA 4X con purga de aire.

Desde el cuarto de control, el grupo bomba / motor será monitoreado y controlado mediante una estación de trabajo (computadora) por medio de displays mímicos, displays de tendencias, reportes, etc. La PC y el PLC estarán interconectados mediante un lazo en Ethernet.

El Sistema de Control de la Estación (SCS), monitoreará, controlará y supervisará la estación. Este sistema tendrá una interfase con el sistema que maneja el grupo bomba / motor, además de controlar y monitorear:

- Válvulas motorizadas de entrada y salida de la estación.
- Válvulas motorizadas del receptor y lanzador del cancho.

-
- El separador de crudo que posee su propio sistema de control en un PLC.
 - La unidad Booster de crudo que posee su propio sistema de control en un PLC.
 - El compresor de aire que posee su propio sistema de control en un PLC.
 - El separador de aceite lubricante que posee su propio sistema de control en un PLC.
 - El skid de transferencia de diesel.
 - El sistema eléctrico y el generador de emergencia.
 - El sistema de agua contra incendios.
 - Transmisores con comunicación Fieldbus.
 - Instrumentos electrónicos de campo.
 - Tanques de almacenamiento de crudo, tanque de alivio y tanque de agua del sistema contra incendio.
 - Bombas auxiliares.
 - Sistemas de soporte tales como: Separador agua / aceite, bombas de reciclaje, sistemas de agua utilitaria y fresca.

El Sistema de Control de la estación estará basado en:

- Computares personales. (estaciones de trabajo)
- Controladores (PLC's) trabajando en configuración Hot Standby.
- Impresoras matriciales y láser

-
- Paquetes de software para HMI y programación de Controladores, y monitoreo de instrumentos con comunicación fieldbus.
 - Lazos de comunicación Ethernet, MODBUS®, hubs, cables.
 - Otro hardware y equipamiento requerido para el manejo del sistema.

El sistema será provisto con todas las facilidades de interconexión a un futuro sistema SCADA. La función del SCS es monitorear, controlar, operar en forma segura y parar de emergencia el proceso de todas las facilidades, utilitarios y cualquier otro equipo auxiliar bajo condiciones normales y de emergencia.

El PLC de cada tren de bombas principales, será integrado al sistema de control de la estación. Este emitirá señales de comando para cada grupo de bomba / motor como: arranque y parada, parada de emergencia de la estación, parada de emergencia de la unidad, etc. Y recibirá señales de estado relacionadas con el estado operacional de cada grupo bomba / motor. Adicionalmente, el SCS monitoreará y supervisará todas las condiciones operacionales del tren tales como vibración, temperatura de cojinetes, alarmas, condiciones del proceso, etc.

El control de la velocidad de las bombas estará basado en controladores y selectores de señal de la presión de succión de la estación, flujo y presión de descarga, éste será implementado y configurado por software en el sistema de control de la estación. Una señal de 4 – 20 mA será enviada a cada PLC del grupo bomba / motor, para modular la velocidad del gobernador del motor, y mantener la estación trabajando dentro los parámetros requeridos.

El sistema de control consiste físicamente de:

- Los computadores, hubs, impresoras, controladores y paneles de control totalmente armados.
- Servicios de ingeniería para desarrollar los controles y software para las funciones de control.
- Diagramas de escalera completos de E/S o diagramas de funciones de bloques.

-
- Diagramas de conexión Ethernet completos.
 - Sistema de control, desarrollo de gráficos y programación.
 - Entrenamiento del personal en el sitio.
 - Supervisión de: instalación, arranque y pruebas de aceptación final en sitio.
 - Soporte en sitio para el chequeo de las facilidades y operaciones iniciales.

El proveedor del sistema de control se registrará a los siguientes códigos y estándares, en su última revisión:

- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION
 - NFPA National Electric Code
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE
 - ANSI 3.4 Code for Information Interchange
 - ANSI 3.5 Flow Chart Symbols
- NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION
 - NEMA 1S1.1 Enclosures
 - NEMA 1CS-78 Enclosures for Industrial Control Systems
 - NEMA 1CS-2-230 Random Noise Immunity
 - EMI MIL Std 461A Conducted and Radiated Noise Susceptibility.
- AMERICAN PETROLEOUM INSTITUTE
 - API 550 Electrical System Grounding.
- INSTITUTE OF ELECTRICAL & ELECTRONIC ENGINEERS

-
- IEEE 472-74 Guide for Surge Withstand Capability (SWC) Tests

 - INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA
 - ISA RP55.1 Hardware Testing of Digital Process Computers
 - ISA 55.1 Instruments Symbols and Identification

 - ELECTRONIC INDUSTRIES ASSOCIATION
 - EIA RS-232-C-69 Interface between Data Terminal Equipment Employing Binary Data interchange.

 - UNDERWRITER'S LABORATORY
 - UL94 Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.
 - UL 467 Grounding and Bonding of Electrical equipment.
 - UL 478 Electronics Data Processing Units and Systems.

4.6.1 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA ESTACIÓN

El Sistema de Control para la Estación de Bombeo de Quinindé será único, totalmente integrado y consistente de un control de procesos basado en Controladores y un terminal de interfase del operador en un PC con software Windows NT®. Las comunicaciones serán vía Ethernet.

El sistema será diseñado poniendo énfasis sobre todo en la confiabilidad, la utilización de software y equipo totalmente probado en campo. El diseño del sistema estará basado en equipamiento estándar tanto como sea posible.

El sistema de control será diseñado y programado en forma modular, y tendrá la capacidad de ser expandible. Las subrutinas y programas serán cuidadosamente

diseñadas para proveer un sistema de fácil entendimiento, mantenimiento y expansión.

En general, las alarmas y las entradas de los aparatos de parada de emergencia serán alambrados normalmente abiertos y la lógica será falla segura.

Las solenoides de las válvulas de control y los relés de control de motores serán energizados para operar, desenergizados para parada de emergencia.

Las unidades tendrán una señal directamente conectada desde el Controlador principal para cualquier parada de emergencia debida al proceso.

La lógica del controlador estará diseñada para “asegurarse” en el estado de parada de emergencia.

Todas las acciones del operador desde el terminal de interfase requerirá de dos acciones antes de que cualquier condición sea cambiada.

El operador será capaz de seleccionar dos de los tres trenes de bombas mediante señales directamente cableadas, y enviar señales de comando para el arranque / parada de la bomba, etc. El sistema eléctrico y los trenes de bombas serán monitoreados mediante un lazo de comunicaciones.

Los comandos de “Bypass” deberán estar disponibles para cada aparato. Este comando será protegido por una clave y registrado el evento en la impresora.

El sistema permitirá la distribución de funciones del sistema tales como adquisición de datos, control, interfases gráficas, etc. a través de la red para permitir la máxima flexibilidad y desempeño. El protocolo de redes será TCP/IP y tendrá una interfase directa a las aplicaciones del sistema para máxima flexibilidad.

El sistema soportará una arquitectura escalable para futuras expansiones, las unidades de interfase de operador podrán ser añadidas al SCS sin necesidad de adicionar una base de datos al servidor o al servidor de E/S.

El Sistema de Control de la Estación permitirá la comunicación con una gran variedad de aparatos de control utilizando una gran variedad de paquetes de manejadores.

El Sistema de Control de la Estación estará basado en Microsoft NT®, ambiente de 32 bits multitarea. Cualquier sistema corriendo a 16 bits no será aceptado. Las estaciones remotas de operador del SCS serán capaces de correr en las siguientes plataformas: Windows NT®, Windows 95® y Windows 3.X®.

El control de la operación y monitoreo de varias funciones será vía un monitor y un mouse utilizado como puntero y operador de entradas en los paneles. Las impresoras proveerán reportes de ciertos datos y eventos significativos del sistema.

El operador tendrá la capacidad de monitorear cada punto del sistema, ejecutar acciones de corrección o fijar tiempos en el sistema y modificar ciertos parámetros mediante la provisión de la apropiada clave para entrar.

El Sistema de Control proveerá de alarmas automáticas de condiciones anormales del sistema. Las condiciones de alarma incluirán cambios de estado sin autorización, falla de un comando y cualquier cambio de estado en un equipo. Ciertos datos de campo serán probados y comprobados sus límites, y generar alarmas si los valores están fuera de rango.

Todas las fallas en las comunicaciones y el retorno a la condición normal serán alarmadas y reportadas.

La transferencia de datos entre el Controlador y la estación de trabajo, será optimizada a través de una eficiente diagramación de la tabla de datos y un apropiado uso de los registros y datos no solicitados transferidos. El tiempo total de respuesta del sistema deberá ser menos que 2 segundos. La configuración y control de los datos escritos en la estación de trabajo serán transmitidos al controlador en menos de un segundo.

El Controlador tendrá una interfase simple que permita a los usuarios de varios niveles de experiencia acceder al sistema de control y almacenar datos en él. El

Controlador podrá detectar fallas originadas en si mismo a si como también en su equipo asociado.

El Controlador controlará la planta sin ser dependiente de la comunicación con el sistema supervisorio. En el caso de la pérdida de comunicaciones el Controlador almacenará al menos 300 reportes de eventos y transferirá a éstos reportes automáticamente cuando el enlace de comunicaciones sea operativo de nuevo.

El controlador tendrá una secuencia de arranque automática, la cual hará al sistema operativo en una manera controlada. Toda inicialización necesaria, auto pruebas y otras secuencias similares será ejecutada sin dependencia de un operador o comunicación con el sistema supervisorio.

La interfase del operador provista por el sistema permitirá una eficiente comunicación y datos operaciones en condiciones anormales. Esto proveerá de una estructura consistente para visualizar la información. Áreas críticas están visibles siempre. Un área predeterminada en la pantalla proveerá al operador de mensajes y también será visible siempre.

Los datos en tiempo real estarán disponibles directamente en la red desde cualquier computador que los adquiera desde el hardware del proceso. El sistema será configurado de tal manera que una falla en cualquier computador no afecto a otros en la red.

El sistema proveerá instalación y configuración de programas en línea, lo que permitirá la asignación de nombres únicos a los nodos de cada computador, así como la selección de funciones que puede ejecutar. El sistema adicionalmente permitirá a los computadores sumarse a la red en línea, sin perturbar o interrumpir la operación de otras máquinas.

El sistema proveerá de formatos flexibles de tendencias e históricos en tiempo real, o archivar datos para realizar sus tendencias. La configuración de las tendencias será requerida solamente entrando el Nombre del Punto en la plantilla de tendencia deseada para producir la tendencia. Toda la configuración de las

tendencias será posible en línea sin interrumpir el sistema. Los históricos de los datos no serán afectados por los cambios en la configuración de las tendencias.

Para cada tendencia desplegada será posible que los operadores configuren el número de muestras de históricos y los rangos desplegados.

El reporte de los datos de tendencias será capaz de ser descargado a Excel® o Access® para su visualización.

Las etiquetas de la base de datos serán configurables como discretas, reales y valores enteros, y cadena de caracteres. Los utilitarios incluirán exportación / importación de base de datos de / desde spreadsheet, otras bases de datos o editores. La base de datos tendrá designación de etiquetas para cada punto. Las etiquetas podrán ser colectadas en grupos o áreas para segregación o administración.

Varias asignaciones de entrada / salida de hardware, tales como funciones de procesamiento, serán asignadas a etiquetas o bloques de funciones. Múltiples etiquetas podrán ser unidas para ejecutar funciones más complejas. Durante el proceso de configuración, el programa podrá ser capaz de chequear la estructura de las etiquetas para corregir los enlaces, nombres apropiados, y así sucesivamente.

Las alarmas serán fácilmente configuradas y priorizadas en varios niveles como una característica estándar del software. Las alarmas podrán ser rastreadas por el operador sin acceder a ninguna seguridad.

Alarmas desconocidas serán desplegadas en la línea de alarmas dedicadas en el formato respectivo en cada estación de trabajo. La más reciente alarma desconocida será desplegada mostrando su condición adicional.

Con la detección de una alarma, una alarma audible sonará hasta que ésta sea silenciada presionando un botón. Las alarmas desconocidas son también desplegadas en el sumario de alarmas, pero tintinando.

Con el reconocimiento de las alarmas cesarán de titilar en el sumario de alarmas. Las alarmas permanecerán en ésta lista hasta que la condición sea rectificadas, al tiempo que la alarma reconocida es removida de la lista.

Todas las alarmas serán automáticamente reportadas a la respectiva impresora. Las alarmas reconocidas también serán reportadas. Los aparatos en condición de alarma serán indicados gráficamente en el monitor y las alarmas también serán reportadas a un archivo en el disco.

Las alarmas serán generadas bajo las siguientes condiciones del sistema:

- Cuando el valor de un dato (de campo o calculado) es detectado fuera de sus límites.
- Cuando el cambio de valor de un dato (de campo o calculado) excede un límite.
- Cuando un cambio de estado no ha sido autorizado es detectado.
- Cuando el comando hacia un equipo falla al completar la operación en un periodo específico.
- Cuando el punto de alarma cambia de estado.
- Detección de excesivas fallas de comunicación.
- Cuando un programa de aplicación determina que la condición de alarma existe como resultado de un cálculo.

Las funciones gráficas proveerán un objeto interactivo orientado como editor que permita la creación de nuevos despliegues utilizando un aparato de puntero. Facilidades serán provistas de tal manera de cambiar rápidamente vía mouse, entre los modos de construcción de un gráfico.

Los gráficos serán mapeados en bits. Herramientas de diseño estarán disponibles para manipulación del gráfico.

4.6.1.1 Procesamiento de Datos Analógicos

Obtenidos los datos analógicos de campo éstos serán, validados, chequeados sus límites, convertidos, desplegados, reportados, y usados en los subsecuentes cálculos. El chequeo de la validación, se ejecutará en cada punto analógico para confirmar la validez de recepción del dato, cada valor analógico será controlado para verificar sus límites razonables, los cuales serán predefinidos para cada punto analógico. Una falla al pasar cualquiera de éstas pruebas dará como resultado un valor analógico descartado y su antiguo valor previamente almacenado será retenido y mostrado.

4.6.1.2 Organización y tipos de despliegues (displays).

Las pantallas gráficas de la estación de trabajo serán arregladas en una estructura de árbol jerárquica. La disposición física y lógica de los aparatos del proceso definirán la ruta a través de la estructura de árbol jerárquica.

El nivel más alto de la estructura de árbol jerárquica reflejará la información en términos generales. El nivel más bajo reflejará la información con mayores detalles.

El acceso a los displays empezará desde la parte superior del panel del nivel más alto de la pantalla. El operador será capaz de seleccionar la pantalla de resumen de cada área en particular de ésta pantalla. Habrá una barra de menú localizada en la parte inferior de la pantalla que será visible en todas las pantallas. Esta barra de menú tendrá comandos para despliegue en la parte superior del panel, sumario de alarmas, tendencia de datos, comunicaciones, históricos y comandos para ser utilizados en las pantallas de resumen de las áreas primarias del sistema.

En cualquier despliegue o display activo, la siguiente información será provista al operador:

Una línea de encabezado suministrando información del despliegue.

Un campo de fecha y hora.

Una línea de encabezado con menús desplegables para mostrar funciones.

Línea(s) de alarma que contenga la más reciente alarma(s) sin reconocimiento en el sistema.

Línea de respuesta del computador para mensajes del computador al operador.

Las pantallas de gráficos tendrán datos estáticos y dinámicos, símbolos de aparatos, espacios vacíos y valores, y serán mostrados de acuerdo a las siguientes convenciones:

Color	Significado	Elemento Asociado
Blanco	Fondo	Ninguno
Rojo	Emergencia o Alarma, Alarma de alta prioridad	Parada
Azul	Apagado	
Naranja	Bypass	Acción Normal Prohibida
Verde	Seguridad, arranque, abierto, encendido	Operación Normal
Azul	Seguridad	Cerrado (sin alarma)
Gris oscuro	Estático	Equipamiento de proceso
Negro	Datos dinámicos, Mensajes del sistema, pasos de secuencias activas	Rótulos y etiquetas
Amarillo	En tránsito	Válvula en tránsito
Azul Claro	Sin actualizar	

4.6.1.3 Operaciones de la interfase del operador.

Todos los comandos requieren de dos acciones del operador antes que los comandos sean aceptados. El operador utilizará el mouse como elemento primario de la interfase. Como respaldo, el operador podrá utilizar las mismas entradas utilizando el teclado.

El software aceptara éstas entradas secuenciales, verificará que los comandos secuenciales sean válidos, transmitirá los comandos a la estación remota y

verificará la acción. Después de la ejecución, el comando será reportado y de ser necesario se marcará la falla del comando en el programa.

Los errores cometidos por el operador, durante el ingreso de los comandos darán como resultado un mensaje de error desplegado en el monitor.

El sistema proveerá un comando de falla de tareas, el cual monitoreará la condición de los equipos a los cuales se les dio el comando y generarán un mensaje de alarma único si la condición del equipo no es conseguida.

El operador tendrá la capacidad para iniciar los comandos que sean requeridos para la operación segura y eficiente del sistema, utilizará una barra de herramientas para los comandos comunes.

Para la ejecución del control se requiere de la entrada de funciones en forma secuencial, que estarán controladas por el software y cualquier secuencia no cumplida tendrá un aviso.

La entrada de los setpoints será realizada mediante el mouse. Esta misma función será realizada mediante el teclado. Una lámina del display del controlador estará disponible para los lazos de control. La lámina mostrará el modo de operación activo, setpoint y valores de proceso. Para la entrada de un setpoint, se requieren se funciones secuenciales totalmente controladas por el software para su validación.

4.6.1.4 Parada de emergencia

Un comando de parada de emergencia ejecutará una lista de comandos de control. Para la ejecución de éste comando se dispondrá de un elemento para retardar su ejecución ajustable entre 0.01 y 10.0 minutos.

Durante la ejecución de la parada de emergencia, mensajes de alarma no serán generados para operaciones normales, esto es, es una acción esperada. La falla de un comando al operar un equipo generará una condición de alarma y será reportada como un evento. El principio y la conclusión del procedimiento de parada de emergencia serán reportados como un evento.

4.7 FILOSOFIA DE CONTROL PARA LA ESTACION DE BOMBEO.

4.7.1 SISTEMA ELECTRICO

Una línea de transmisión eléctrica de 13,8 kV proveniente de la subestación de Cupa proporcionará energía para la operación de la estación de bombeo de Quinindé. Esta línea alimenta energía a un interruptor en vacío doble, cada circuito de éste es conectado con un transformador de 1288 KVA de capacidad y un voltaje en el secundario de 480 V.

Desde el secundario del transformador se proporciona energía a una barra de 480 V, a través de un disyuntor. La potencia nominal de cada transformador permite que un transformador opere si el otro no está disponible. Esto requiere el cierre manual de un disyuntor de barra después de que el transformador que no está disponible haya sido aislado abriendo sus protecciones.

Dos barras para alimentar de energía a las cargas esenciales son conectadas mediante un switch de transferencia automática (ATS) al generador de emergencia de 800 KW de capacidad.

4.7.2 CONTROL Y OPERACION DE LAS BOMBAS

4.7.2.1 Requisitos Generales para el Control de las Bombas

La estación de bombeo de Quinindé es una estación de bombeo de petróleo crudo que tiene tres bombas principales en línea, de las cuales hasta dos de ellas funcionan en serie en cualquier momento.

Dos bombas producirán el flujo máximo en el oleoducto. La tercera bomba sirve como unidad de reserva y está disponible para reemplazar a cualquier unidad que falle o que requiera de mantenimiento.

Las bombas tienen aproximadamente 4.250 HP cada una, accionadas por motores que utilizan crudo como combustible principal y pueden funcionar con diesel si fuera el caso.

Cada tren de bombeo incluye equipo para monitoreo y equipo para control lógico con el propósito de arrancar y parar automáticamente al tren de bombeo al recibir comandos desde el Controlador del SCS.

El Controlador del tren de bombeo que trabaja junto con un panel de E/S remoto instalado en el centro de control de motores protege a los componentes del tren de bombeo durante la operación. Este equipo monitorea todos los parámetros del motor, engranaje, bomba y equipo auxiliar, y monitorea las temperaturas de la bomba, engranaje y la temperatura de la carcasa de la bomba. Un equipo de detección de vibración montado en el motor, bomba y engranaje también envía información acerca del comportamiento mecánico del tren. Por lo tanto, se puede parar inmediatamente la unidad en caso de presentarse algún problema de cojinetes, acoples, motor, rotor o ventilador que produzca una alta vibración y que pudiera ocasionar un grave daño a la unidad.

Adicionalmente, cada Controlador del tren de bombeo controla la apertura y cierre de las válvulas de succión, descarga y by-pass asociadas a cada tren de bombeo, y monitorea la conclusión del viaje de cada válvula. Este diseño permite una constante operación de control del tren de bombeo y únicamente requiere de comandos de control desde afuera para optimizar la operación.

Si no se logra la conclusión satisfactoria de cualquier rutina de arranque y funcionamiento del tren de bombeo (grupo bomba / motor) el sistema realiza la parada inmediata del motor y envía un comando para cerrar las válvulas de succión y descarga con el objeto de aislar al tren de bombeo del cabezal de la estación.

Cada Controlador proporciona al SCS datos completos sobre la situación y la operación del tren de bombeo. Esta información se intercambia entre los Controladores a través de una red de comunicación de datos Ethernet.

En cada Controlador del tren de bombeo se fijan los límites normales de operación. Indican cierres automáticos del tren, emisión de la "alarma resumida" y, a través del enlace de comunicaciones de datos transfieren la condición o condiciones de la alarma al SCS.

Paro de Emergencia de la Unidad es un comando que emite automáticamente ya sea el SCS o el Controlador de cada tren. Se emite éste comando cuando se detecta alguna condición anormal que afecta únicamente al tren de bombeo correspondiente, éste comando da por resultado la inmediata parada de los motores y ordena a las válvulas de succión y descarga que se cierren.

Paro de Emergencia del Proceso es un comando emitido a través del SCS por el personal de operaciones en forma local o remota para que se cierren todas las unidades de la estación mediante un comando único. Este comando hace que se paren todos los motores que están funcionando en la estación de bombeo y que todas las válvulas se ubiquen en una posición segura, éste comando hace que se paren los motores de las bombas principales, que se paren los sistemas de lubricación y agua, y que se cierren las válvulas de succión, descarga y by-pass de cada tren de bombeo.

Parada de Emergencia se emite únicamente cuando las condiciones imperantes amenazan la existencia de la estación o del oleoducto como un todo. El comando puede ser emitido desde las estaciones de emergencia situadas en lugares estratégicos, o se lo emite a través del SCS local, o desde el punto de despacho central, éste comando hace que el grupo bomba / motor se pare inmediatamente. También paran los sistemas de lubricación y agua de cada grupo. Se cierran las válvulas de succión, descarga y by-pass. Finalmente, cuando se confirma que todas las válvulas están colocadas en posición segura (o expiran todos los “temporizadores” del recorrido de las válvulas), la energía eléctrica que ingresa a la estación se desconecta con el objeto de minimizar la posibilidad de incendio.

4.7.3 ARRANQUE CON LA ESTACIÓN DE BOMBEO COMPLETAMENTE FUERA DE LÍNEA

Se asume que dos bombas principales serán puestas en servicio y que permanecerán en servicio para producir el flujo deseado en el oleoducto.

La estación de bombeo debe ponerse en línea con dos de las tres bombas funcionando. La presión de succión de la estación está por encima del mínimo, la

presión de descarga está por debajo del máximo y la velocidad de flujo está por encima del mínimo permitido para bombear.

El Operador primero escogerá a dos de las tres bombas para que funcionen, la decisión de cuáles dos de las tres unidades van a funcionar normalmente se hará sobre la base de que se mantenga igualdad en las horas de funcionamiento acumuladas para los tres trenes de bombeo.

La selección de un tren de bombeo, válvula u otro equipo que pueda ser “operado” requiere que el Operador lo escoja mediante los mímicos en el monitor del computador. Una vez escogido el equipo se coloca al cursor sobre la acción deseada y se oprime la tecla “enter” para iniciar la acción.

Cada bomba que va a ser operada debe ser preparada por el Operador realizando un comando de “Preparar Bomba”. Este comando arranca el sistema de lubricación del tren de bombeo y da inicio a toda la instrumentación de monitoreo para el tren de bombeo. Adicionalmente, el comando hace que la lógica del tren de bombeo abra a la válvula de succión y la válvula de by-pass del tren de bombeo preparado, presurizando de éste modo a la bomba. Cuando la lógica del tren de bombeo (Controlador de cada tren) detecta todas las condiciones normales, el Controlador de cada tren envía una señal de “Bomba Lista” al SCS.

Si no se confirma la operación normal de algún elemento o equipo, la lógica de control de bombas indicará “Alarma Sumaria - Falla de equipo”, El sistema de control de la estación indica y envía ésta alarma al Operador. Al recibir de cualquiera de esas alarmas, el SCS cancelará automáticamente el comando de “Preparar Bomba” para el tren de bombeo. Esto elimina la limitación de la lógica de solamente dos bombas preparadas y permite que el Operador prepare de inmediato a la unidad en standby para que tome el lugar de la unidad fallida en la secuencia de arranque.

Cuando todos los trenes de bombeo muestran “Bomba Lista”, el Operador emite un comando de “Arranque de Bomba” para cada una de las unidades. La lógica del SCS automáticamente emite comandos hacia el equipo de control del motor a

fin de que primero arranque el número más bajo de identificación del tren de bombeo preparado. El segundo número más bajo del tren de bombeo preparado arranca en segundo lugar. Para mayor sencillez de la descripción, se asumirá que el Operador ha preparado a los grupos P-01 y P-02 como las unidades que van a funcionar para lograr el flujo completo de la estación de bombeo.

Cuando el Controlador (PLC) de P-01 recibe el comando de "Arranque de Bomba", la lógica del Controlador ordena el arranque del motor a velocidad baja. En el momento apropiado del arranque, ordena al actuador del motor de la válvula de descarga de la bomba que abra la válvula y que cierre la válvula de by-pass, y comience a aumentar la velocidad del motor. Si no se logra con éxito la condición de apertura de las válvulas en el tiempo asignado, se aborta el proceso de arranque, se cierra el tren de bombeo y se ordena a las válvulas de succión, by-pass y descarga que se cierren.

Durante la operación del motor, la instrumentación de monitoreo mecánico y eléctrico busca cualquier condición anormal. Al presentarse cualquier condición anormal resultará en el cierre inmediato del tren de bombeo. Cualquier condición anormal es notificada al SCS y es indicada para ser admitida (reconocida) por el Operador.

Asumiendo que dos bombas están en línea y funcionando, las dos bombas en serie producirán la presión máxima de descarga de la estación. Durante toda la secuencia del arranque de la estación, el sistema de control de velocidad de la estación, configurado por software en los Controladores de la estación, ha estado monitoreando la presión de succión, la presión de descarga y el flujo del oleoducto. Luego comienza a modular la velocidad del motor para mantener las condiciones de presión y flujo dentro del marco de operación deseado.

4.7.4 REEMPLAZO DE UNA UNIDAD EN OPERACIÓN CON LA UNIDAD STANDBY

Asumiendo que el tren de bombeo P-01 va a ser sacado del servicio y que el tren de bombeo en standby P-03 va a ser colocado en vez de él. La lógica del SCS requiere que el operador debe preparar al P-03. Con las dos unidades en

funcionamiento, la lógica del SCS permite al Operador preparar a la bomba en standby.

El Operador comienza el comando para la operación de la bomba en standby. Cuando se confirma todas las condiciones del tren de bombeo P-03 son normales, el Operador emite un comando de parada para la bomba que se ha programado sacar fuera de la línea.

Durante ésta rotación (cambio) de la bomba, el SCS modula la velocidad del motor para mitigar las variaciones hidráulicas producidas por las operaciones de la válvula y la menor y mayor rotación de los motores; y su cambio en la producción de carga hidráulica.

4.7.5 SISTEMA DE CONTROL DE LA ESTACION

Se proporciona una interfaz hombre - máquina al Operador mediante dos computadoras personales en red con el respectivo software. Este paquete suministra indicación gráfica y alfanumérica de todos los datos operativos y un medio para comandos de control y puntos establecidos para las operaciones que deben ingresar al sistema. El software también provee un registro de datos y de tendencias históricas de la información operativa. Esta característica apoya a los responsables de las operaciones y permite revisar la operación histórica de la estación así como su operación presente.

La operación de la estación de bombeo de Quinindé se realiza a través del sistema de control de la estación (SCS) que permite tener una interfaz hombre - máquina para la operación local. El SCS también proporciona control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) para futura operación remota de la estación de bombeo desde un punto central de despacho.

El SCS también consiste de Controladores (PLC) primarios y en "hot standby" con configuración redundante, que están acoplados a toda la instrumentación de la estación así como a las válvulas y equipo auxiliar de la estación.

El SCS también se comunica a través de enlace Ethernet con los Controladores individuales del tren de bombeo principal de la línea para proporcionar un

completo monitoreo y control de todos los elementos del grupo motor / bomba. Cada grupo motor / bomba tiene su propia lógica independiente basada en su Controlador (PLC) con el objeto de asegurar que pueda ser operado ya sea en modalidad manual, automática - local, o automática - remota. Esto asegura la máxima confiabilidad de la operación de toda la estación de bombeo.

Instrumentación Electrónica es proporcionada para seguridad, control y operación de la estación, se ha dotado a la estación de instrumentos que proporcionan toda información al controlador maestro.

Para el monitoreo, control e integración de todo el equipo de la estación al SCS de la estación de bombeo, se proporciona a la estación de varios enlaces de comunicación, Ethernet (entre controladores para monitoreo y control) y Modbus (equipo – controladores para monitoreo y control).

Es necesario tener un sistema de Control de Velocidad de la Estación para protección en caso de que el proceso se aleje más allá de los límites críticos. Puesto que la presión y el flujo están directamente relacionados con la velocidad del motor.

El sistema de control de velocidad será un software configurado dentro del Controlador SCS y consisten de Controladores de presión de succión, flujo y presión de descarga, selectores de señal baja y controladores automático / manuales.

Una señal 4-20 mA desde el Controlador A/M irá a un Controlador de velocidad electrónico, y su señal de salida irá al regulador para ajustar las revoluciones por minuto del motor.

Para la operación normal se necesita de sistemas de apoyo para los grupos de bombeo principales, como son los sistemas de alimentación y limpieza del aceite lubricante; el sistema de almacenamiento, separador, calentamiento e inyección de crudo para combustible de los motores principales, además, es necesario tener la suficiente cantidad de aire para el arranque del motor. Todos éstos sistemas

son redundantes, es decir, que se dispone de dos equipos que cumplen la misma función, pues así lo necesita la estación.

Para el funcionamiento de la estación se necesitan de otros sistemas como un sistema contra incendios el cual dispone de bombas eléctricas y a diesel; sistema de tratamiento de aguas contaminadas; sistema de recepción y lanzador de "chanchos"; sistema de protección de sobre presiones y su tanque de alivio; sistema de almacenaje y despacho de diesel; sistema de aire seco; todos éstos sistemas también redundantes.

La estación dispone también de todo un sistema de telecomunicaciones que le permite comunicarse con el resto de las estaciones del SOTE.

CAPITULO V

5.1 FLUJO DE CARGA

El análisis del sistema eléctrico de la estación de bombeo se lo realizo sobre la base de los diagramas que se presentan en el anexo 1. Basándonos en los diagramas unifilares y con la utilización del software se presentan los resultados para los dos casos estudiados, es decir, en condiciones de diseño y en condiciones normales de funcionamiento, resultados y datos que se muestran en el anexo 2.

Del análisis de los resultados obtenidos del flujo de carga podemos concluir que:

1. Considerando que todas las cargas están conectadas bajo las condiciones de diseño:
 - La mayoría de las barras tienen un voltaje que está dentro de los parámetros de diseño, es decir, que todas las barras las cuales tienen conectada una carga, tienen un nivel de voltaje adecuado para el funcionamiento óptimo de los elementos conectados a ésta. En una de las barras se observa que el nivel de voltaje es bajo (0.943 pu), esto se debe a que todas las cargas están conectadas, dando como resultado un menor voltaje en la barra de inicio de la línea y por lo tanto afectando el voltaje de la barra a la que está conectada ésta carga, otro factor que influyo en éste resultado es la distancia a la que está ubicada la carga, éste resultado fue obtenido analizando el sistema con el tap del transformador situado en 5% mas.
 - Las líneas, en especial las que alimentan a las cargas mas alejadas del centro de control de motores, no están sobrecargadas, por lo que podemos decir que el conductor escogido para todas las cargas está bien dimensionado. Existe un conflicto en la línea #2, que es la línea del alimentador a 480 V, ésta sobrecarga (aunque pequeña), se debe a las condiciones bajo las cuales se está haciendo el análisis, condición

que no se presentara por ninguna circunstancia de acuerdo a la filosofía de operación del sistema.

- Como consecuencia de las condiciones de carga de las líneas (prácticamente ninguna tiene sobrecarga), podemos decir que las pérdidas del sistema no son excesivas, estando dentro de lo que se puede denominar normal, siendo prácticamente las pérdidas producto del normal funcionamiento del sistema.
 - Los transformadores que alimentan a las cargas que necesitan un voltaje menor a 480V, no están sobrecargados y tienen la suficiente capacidad de reserva para que se conecten mas carga a éstos.
 - La capacidad del transformador principal es la adecuada, pues dicha capacidad es suficiente para alimentar todas y cada una de las cargas del sistema, sin que el transformador esté sujeto a sobrecargas fuera de las condiciones que soporta el transformador, si fuese el caso que el sistema funcionara bajo ésta condición de estudio el transformador podría soportar toda la carga sin problema alguno, pero como se manifestó anteriormente, ésta condición no se producirá.
2. Considerando las condiciones normales de funcionamiento del sistema, es decir, algunas de las cargas no están funcionando, no se consideran por ejemplo motores que funcionan como respaldo de otros, ni los equipos auxiliares asociados a una de las unidades de bombeo principales, de acuerdo a la filosofía de operación del sistema.
- Prácticamente todas las barras tienen un voltaje que está dentro de los parámetros de diseño, el nivel bajo de voltaje en una de las barras fue prácticamente solventado, pues mejoro el nivel de voltaje de la barra de inicio de la línea, éste resultado fue obtenido operando con el tap del transformador situado en un 5% mas, es decir, elevando el voltaje.
 - Las líneas, ninguna está sobrecargada, mejorando la capacidad de sobrecarga de aquellas líneas que conectan entre barras principales y

la línea principal de alimentación, si fuera necesario una sobrecarga temporal.

- Las pérdidas en el sistema, bajo este régimen de funcionamiento, son menores, como era de esperarse, el sistema tiene un mejor desempeño.
- Los transformadores que alimentan a las cargas que necesitan un voltaje menor a 480V, siguen con su tendencia, es decir, sin sobrecarga.
- La capacidad del transformador es la adecuada, teniendo ahora una cierta capacidad de reserva.
- El comportamiento del sistema es mucho mejor, notándose que los valores de voltaje han mejorado y las líneas tienen un mejor desempeño, el sistema en si, trabaja en forma óptima.

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.1 CONCLUSIONES

- Se debe considerar al sistema eléctrico como parte de un sistema global y no aislado que debe cumplir igualmente con ciertos requerimientos dados por las demás áreas involucradas en el desarrollo de la ingeniería para éste tipo de instalaciones industriales, esto hará que el sistema sea el óptimo en su operación.
- Para el desarrollo de la ingeniería de éste tipo de instalaciones industriales, el trabajo con las otras áreas de ingeniería es primordial, pues, cada área tiene requerimientos específicos que de igual forma deben ser considerados y respetados, ya que ningún elemento del sistema trabaja individualmente.
- El sistema eléctrico y su confiabilidad es una parte “fundamental” en éste tipo de instalaciones, por lo que se debe respetar los criterios de selección, control y filosofía bajo los cuales funciona todo el conjunto.
- La ingeniería preliminar, basando en criterios de selección generales, puede definir la capacidad eléctrica (potencia) aproximada del sistema, ésta primera aproximación de la capacidad de consumo de la estación nos da los lineamientos generales del proyecto, lo mismo ocurre con las demás áreas involucradas en un proyecto.
- En el inicio del desarrollo de la ingeniería de detalle y teniendo como base los lineamientos de diseño de los diferentes componentes de una instalación de bombeo de éste tipo, se procederá a definir como paso previo las denominadas “áreas peligrosas”, para luego sobre la base de éste “mapa” de áreas, definir las características particulares de cada elemento de la estación.

-
- La definición del “mapa” de “áreas peligrosas”, se lo realiza una vez que se ha hecho un estudio de separaciones mínimas entre los componentes generales del sistema que conforman la estación (área de procesos, área de control, área de bombeo, área de utilitarios, área de almacenamiento, etc.) y tomando en cuenta las características de los elementos a instalarse, características que deben estar de acuerdo a los lineamientos citados en éste trabajo.
 - El establecimiento de “áreas peligrosas” en éste tipo de instalaciones es muy importante, por la precaución que se debe tener en la manipulación de líquidos o gases inflamables, además, la ubicación de un equipo de eléctrico o de control dentro o fuera de una “área peligrosa” influye bastante en el costo final del proyecto, ya que de esto dependerán las características de los equipos que serán adquiridos.
 - Una vez delineados los diferentes equipos se procederá a elegir el sistema de cableado, sistema que debe estar de acuerdo a los requerimientos del particulares del equipamiento y los requerimientos del cliente, siempre y cuando se respete los lineamientos generales de diseño para éste tipo de instalaciones.
 - Los criterios señalados en éste trabajo ayudan a que el diseñador se enfoque en la realización de un diseño lo más económico posible, escogiendo únicamente el número de equipos mínimos necesarios para que la estación sea totalmente operacional en cualquier circunstancia, por lo general éste tipo de instalaciones siempre tiene un equipo de respaldo para el equipo principal.
 - Se ha analizado así mismo los sistemas de control de la estación, el control de la estación al igual que el sistema eléctrico se debe sujetar a lo que dicte la filosofía de funcionamiento de la estación.
 - Las guías desarrolladas en éste trabajo, son generadas del consenso y trabajo conjunto de las áreas involucradas en el desarrollo de la ingeniería básica y de detalle para la estación de bombeo, pues cada

área (civil, estructural, mecánica, procesos, sistemas de control, eléctrica, etc.) tiene exigencias específicas que deben ser atendidas, con el único fin de obtener una instalación totalmente funcional y segura en todos los aspectos.

- Las sugerencias hechas en la realización de éste trabajo, seguidas durante el desarrollo de la ingeniería y adaptadas para las condiciones específicas de la filosofía de operación de la estación de bombeo, constituyeron en la base para la obtención de una ingeniería de detalle que está de acuerdo a los estándares más exigentes a nivel internacional.
- Los elementos de análisis sugeridos en éste trabajo, establecen una opción de análisis técnico – económico para el escogitamiento final del equipo a instalarse en cualquier instalación industrial de éste tipo.
- La opción técnica más apta para éste tipo de instalaciones industriales debe predominar sobre lo económico, pues la seguridad es lo esencial, sobre todo si la instalación tiene el carácter de estratégico dentro de todo el sistema de bombeo, teniendo siempre en cuenta la funcionalidad de la estación
- Para éste tipo de instalaciones consideradas estratégicas, ésta debe funcionar adecuadamente con un grado elevado de confiabilidad, con las condiciones impuestas por la filosofía de operación global del sistema. Los criterios señalados aquí nos proporcionan una gran ayuda para escoger el sistema final.
- Ningún elemento eléctrico que forma parte de la estación de bombeo debe ser aislado, pues éste está enlazado a todo el sistema de bombeo y debe cumplir con los requerimientos mínimos sugeridos en las especificaciones que para el efecto han sido desarrolladas.
- Las guías sugeridas en éste trabajo, no solo constituyen una referencia para el análisis de ésta estación en particular que se ha estudiado, pues

son guías generales que conservando los límites necesarios, y analizando el tipo de instalación industrial, son una herramienta básica o mínima para seleccionar el mejor equipo que se adapte al proceso industrial que se requiere instalar.

- Las guías estudiadas y sus requerimientos constituyeron en una herramienta para la instalación de tecnología no antes implementada en el país y en especial en instalaciones de éste tipo, esto se debe de alguna manera a que no se había invertido en los últimos años en instalaciones de bombeo (para oleoductos grandes), por lo que éstas guías de selección permitieron incorporar al país la última tecnología en sistemas eléctricos y de control (tecnología fieldbus).
- Debido a las necesidades que para éste tipo de instalaciones a nivel internacional se exigen, es necesario seguir, adaptar y aplicar todas las sugerencias que se encuentran en las diferentes publicaciones mencionadas en éste trabajo, publicaciones que constituyen la base de todas las especificaciones y guías a seguir durante el diseño y construcción de éste tipo de instalaciones industriales.
- Las directrices revisadas en el presente trabajo son la herramienta mínima básica para la implementación del sistema de aseguramiento y control de calidad, a lo que se debe añadir los respectivos formularios para el registro de todos los elementos que forman parte del sistema eléctrico (registro de pruebas).
- Se ha analizado un caso particular, pero éstas guías para el escogitamiento del equipo y sus accesorios, se las debe considerar como tales, solamente unas guías que dependiendo del tipo de instalación y el grado de importancia que tenga en el proceso se las puede adaptar, todo dependerá del criterio del diseñador del sistema eléctrico para su implementación.
- Del estudio realizado en éste trabajo, podemos decir que para una comprobación total del sistema implementado, hace falta la realización

de otros estudios en la parte eléctrica, como por ejemplo, el estudio de flujo de carga, lo que ayuda a ver al sistema como todo un conjunto.

- El flujo de carga permite observar al sistema funcionando como un todo, por lo que los resultados obtenidos permitirán detectar fallas y a partir de esto mejorar el sistema, respetando lo sugerido en los diferentes estándares que rigen el diseño de un sistema eléctrico para éste tipo instalaciones industriales, considerando claro está los requerimientos exigidos para ésta industria, en donde se debe tener en cuenta la peligrosidad de trabajar con hidrocarburos.

6.1.2 RECOMENDACIONES

Es preciso revisar las condiciones de la acometida de energía, pues es necesario mejorar el nivel de voltaje e la entrada de la estación, de tal manera que el transformador opere en su tap nominal.

El método utilizado para seleccionar los cables para alimentar las diferentes cargas es el adecuado, como se observa en el flujo de carga, todas las líneas funcionan adecuadamente, para esto se ha seguido las recomendaciones echas en las diferentes normas para éste tipo de industria.

Las normas aplicadas a éste tipo de instalaciones industriales son las mas adecuadas, tomando en cuanta que éste tipo de instalaciones necesitan una confiabilidad elevada para su funcionamiento.

Es necesario realizar otros estudios en la parte eléctrica, como por ejemplo, realizar un estudio de coordinación de protecciones en conjunto con un estudio de cortocircuitos.

De igual forma se debería analizar el sistema considerando los arranques de los motores, y su influencia en el sistema y su estabilidad.

En éste trabajo se ha determinado únicamente el comportamiento del sistema en estado estable, observando claramente que el comportamiento del sistema es bueno y que funciona sin ningún problema.

Se debe tener un banco de datos mas completo para la respectiva consulta de los diferentes estándares y normas, pues en el país esto es muy restringido.

A pesar de que se sugiere seguir los códigos nacionales, tanto para la realización de la ingeniería, escogimiento de equipos y la construcción, no existe una normativa especifica en el Ecuador para instalaciones industriales de éste tipo, por lo que sería de gran ayuda tener un estándar mínimo, mas aun si en el país existe un gran número de éste tipo de instalaciones industriales.

Todas las recomendaciones de selección revisadas son generales, por lo que cualquier elemento eléctrico (motor, cables, etc.), deben ser corregidos los cálculos para las condiciones particulares de servicio y ubicación geográfica del sitio en donde será instalado. Para esto se debe consultar las sugerencias hechas en los diferentes estándares citados en éste trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

John J. Grainger y William D. Stevenson Jr., "Análisis de Sistemas de Potencia".
Editorial McGraw-Hill. México, 1989.

NFPA 70, "National Electrical Code", 1996

Donald G. Fink / H. Wayne Beaty, Decimotercera Edición, "Manual de Ingeniería
Eléctrica", Editorial McGraw-Hill. México, 1995.

APL, "Varias especificaciones", 1998

FDWB, "Varias especificaciones", 1998.

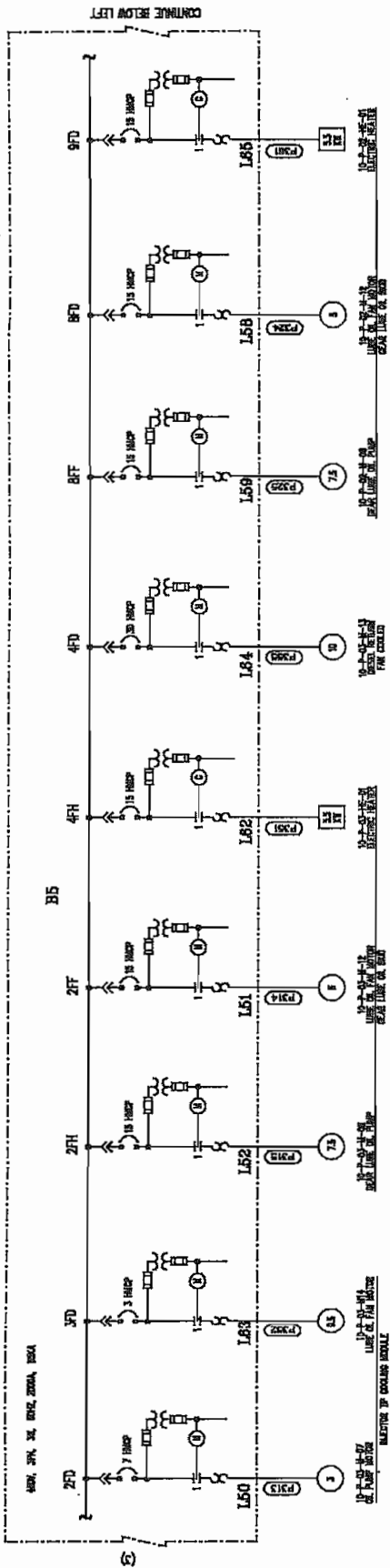
ANEXOS

ANEXO 1

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

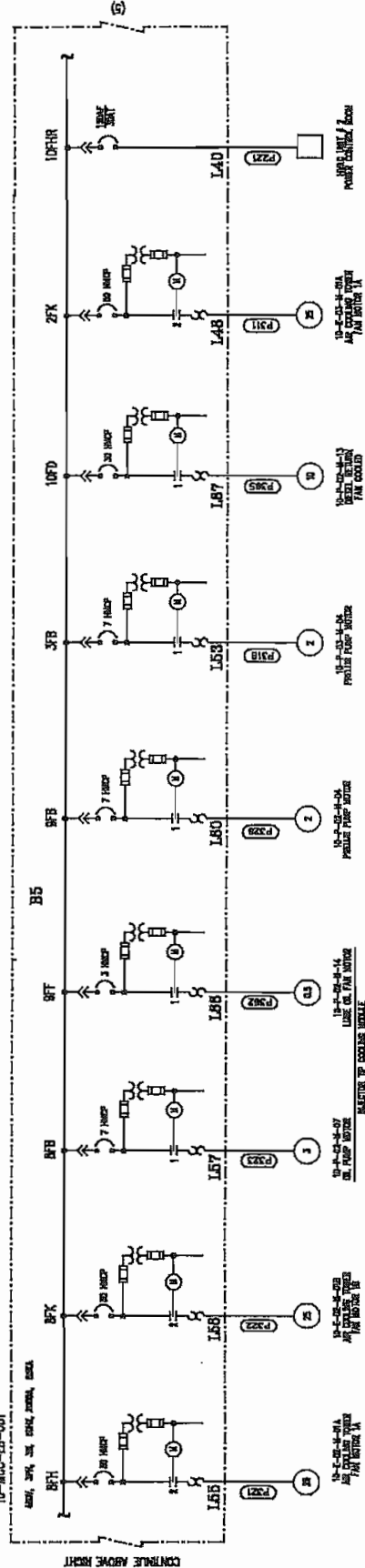
10-NCC-EB-001

WIND, 30% ON, 100% 2000A, 100%



10-NCC-EB-001

WIND, 30% ON, 100% 2000A, 100%



ANEXO 2

SISTEMA EN CONDICIONES DE DISEÑO

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

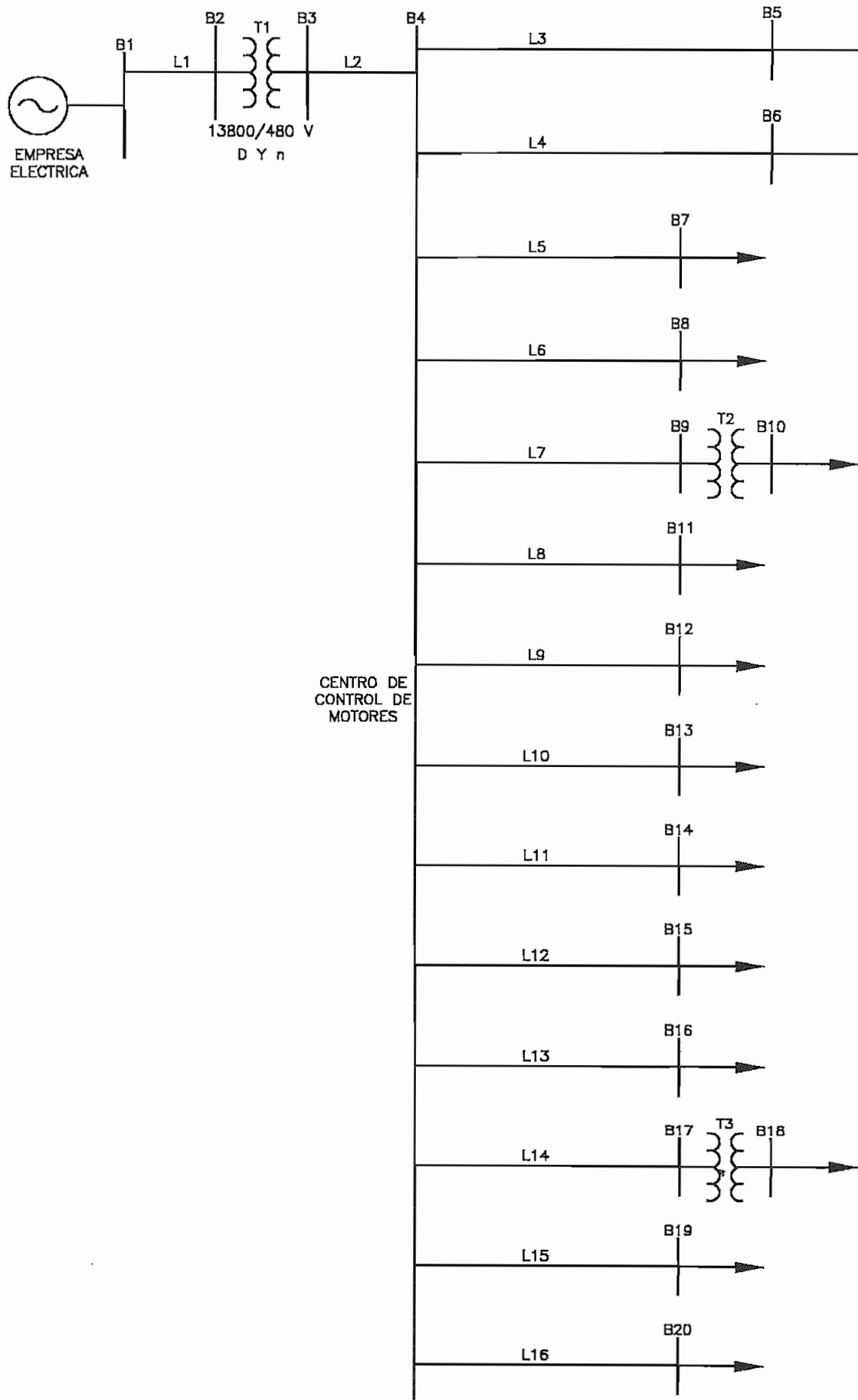


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

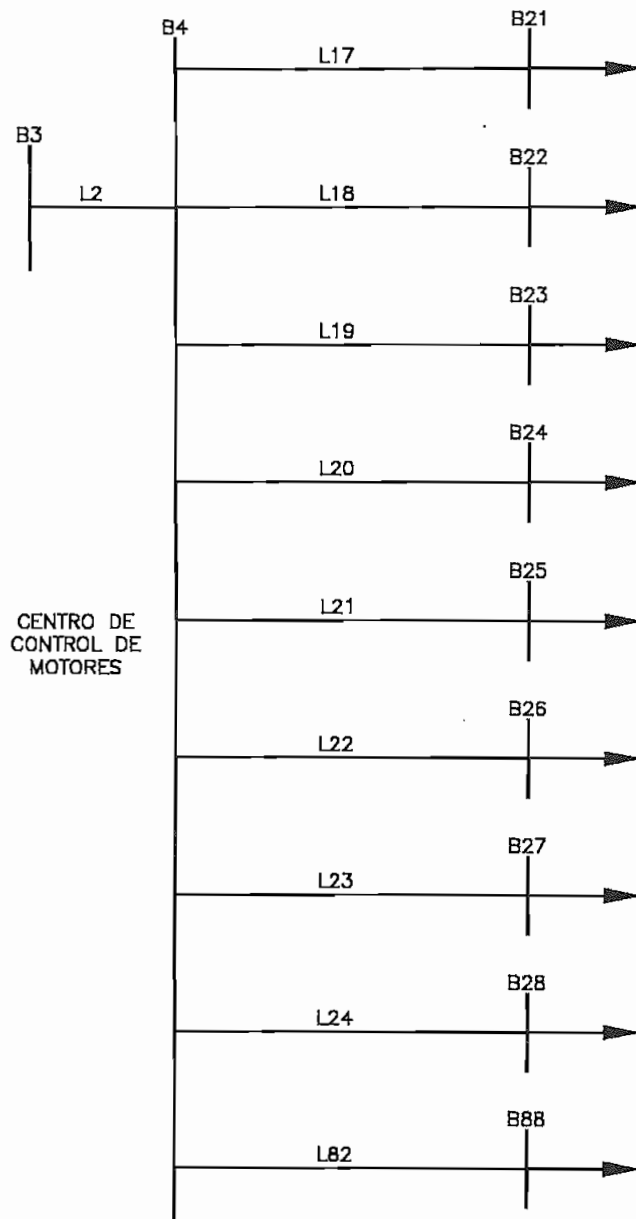


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

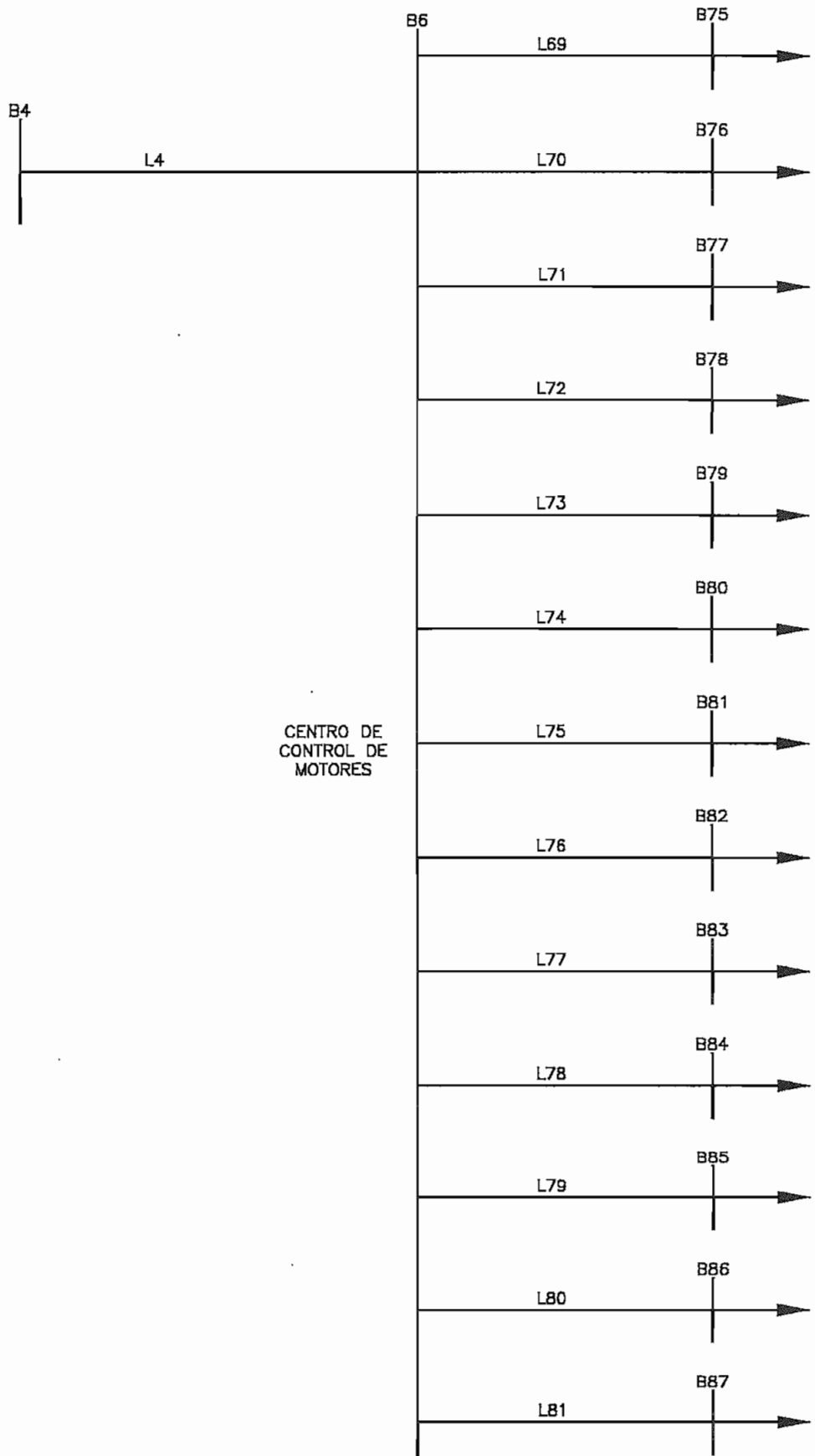
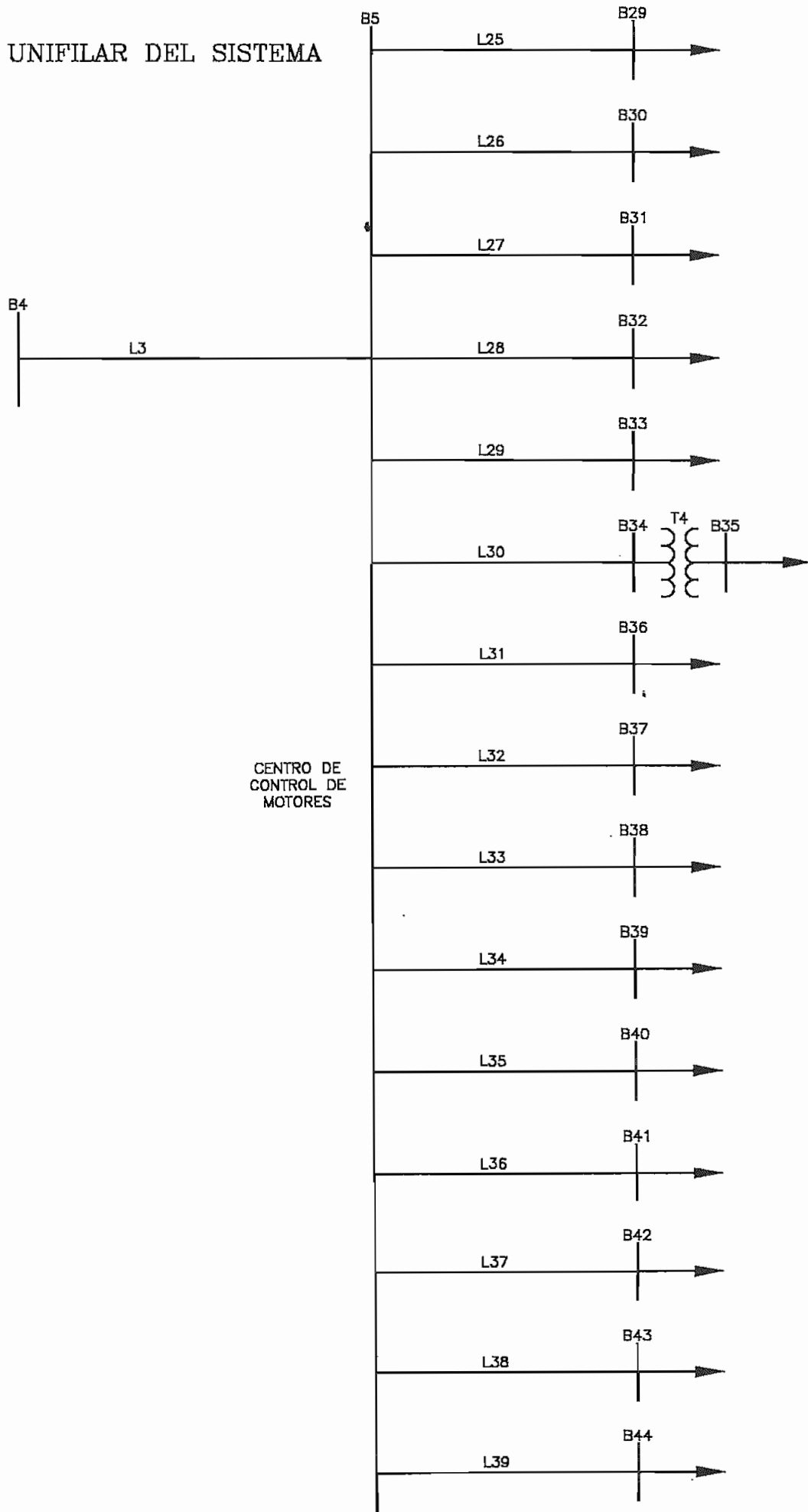


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA



CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

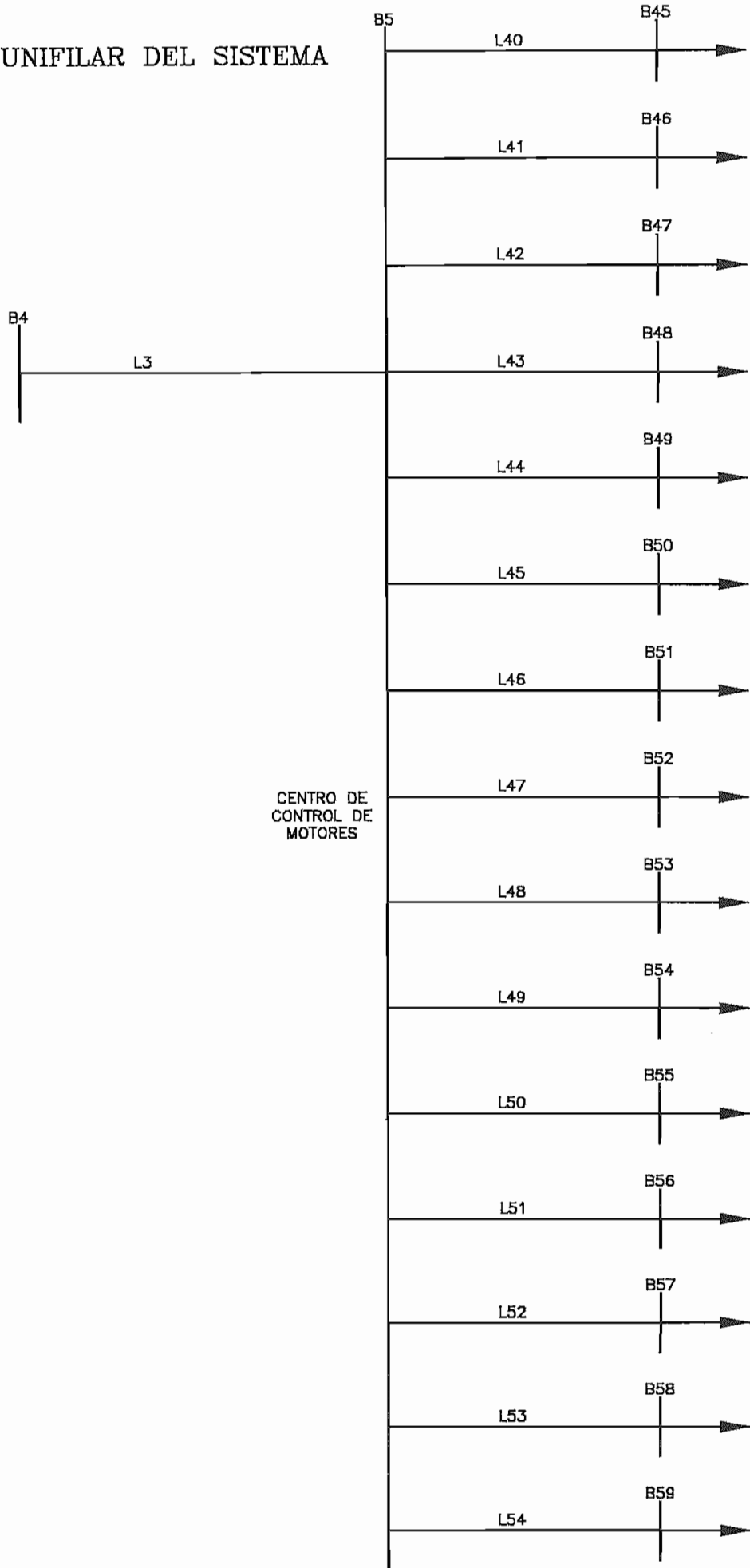
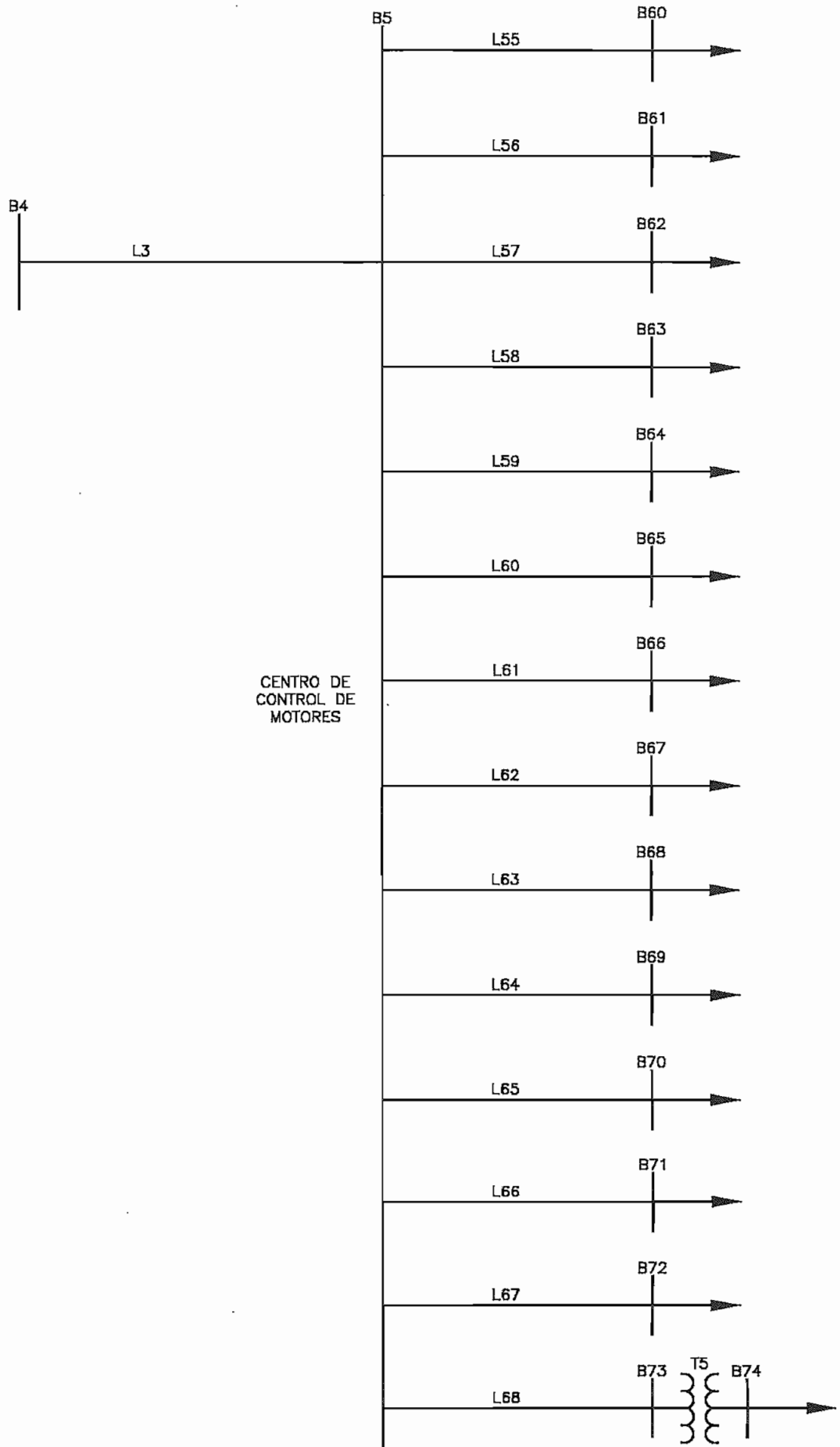


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA



ANEXOS

POWER FLOW BUS OUTPUT DATA FOR JININDE PUMP STATION EN CONDICIONES DE DISEÑO

BUS#	VOLTAGE		GENERATION		LOAD	
	MAGNITUDE	PHASE ANGLE	PG	QG	PL	QL .95>V>1.0
	per unit	degrees	per unit	per unit	per unit	per unit
1	1.00E+00	0.00E+00	1.42E-01	4.62E-02	0.00E+00	0.00E+00
2	1.00E+00	1.85E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	1.04E+00	-2.56E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	1.01E+00	-3.67E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	9.98E-01	-4.16E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	1.01E+00	-3.71E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
7	1.00E+00	-3.60E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	3.00E-04
8	1.00E+00	-3.59E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	3.00E-04
9	1.01E+00	-3.73E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
10	1.00E+00	-4.90E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.80E-03	1.20E-03
11	1.01E+00	-3.65E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-04	1.00E-04
12	1.01E+00	-3.66E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.30E-04	6.00E-05
13	1.01E+00	-3.61E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	2.50E-04
14	1.01E+00	-3.61E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
15	1.01E+00	-3.61E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
16	1.01E+00	-3.60E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-04	3.00E-05
17	9.98E-01	-3.64E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	9.95E-01	-4.42E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-03	4.80E-04
19	9.83E-01	-3.26E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-03	3.00E-04
20	1.01E+00	-3.63E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-05	1.00E-05
21	9.97E-01	-3.52E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.30E-03	8.00E-04
22	1.01E+00	-3.82E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-03	1.25E-03
23	1.00E+00	-3.66E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-03	5.00E-04
24	1.01E+00	-3.60E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	3.00E-04
25	9.64E-01	-3.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-03	3.00E-04
26	1.00E+00	-4.10E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.05E-02	5.10E-03
27	1.01E+00	-3.61E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
28	9.43E-01	-2.78E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.06E-03	2.70E-04
29	9.93E-01	-4.12E+00	0.00E+00	0.00E+00	9.00E-04	2.00E-04
30	9.88E-01	-4.04E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-04	1.00E-04
31	9.89E-01	-3.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	1.00E-04
32	9.84E-01	-4.14E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-03	5.00E-04
33	9.87E-01	-4.03E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-04	1.00E-04
34	9.91E-01	-4.09E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
35	9.88E-01	-4.87E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
36	9.97E-01	-4.15E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.20E-04	1.00E-04
37	9.69E-01	-3.79E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-03	3.00E-04
38	9.89E-01	-4.06E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
39	9.89E-01	-4.06E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
40	9.84E-01	-4.10E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-03	3.00E-04
41	9.88E-01	-4.05E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-03	3.00E-04
42	9.87E-01	-4.04E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-03	5.00E-04
43	9.93E-01	-4.07E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.00E-05	2.00E-05
44	9.79E-01	-4.13E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.50E-03	9.00E-04

**

ANEXOS

45	9.92E-01	-4.09E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.60E-03	4.00E-04
46	9.64E-01	-4.84E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.50E-02	3.76E-03
47	9.93E-01	-4.10E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
48	9.82E-01	-4.76E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.04E-02	2.60E-03
49	9.89E-01	-4.04E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-04	1.00E-04
50	9.93E-01	-4.11E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.70E-03	4.00E-04
51	9.96E-01	-4.15E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-04	3.00E-05
52	9.93E-01	-4.11E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
53	9.83E-01	-4.06E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
54	9.83E-01	-4.06E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
55	9.86E-01	-4.01E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
56	9.87E-01	-4.02E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-04	8.00E-05
57	9.87E-01	-4.07E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-04	1.00E-04
58	9.91E-01	-4.07E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
59	9.79E-01	-4.13E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
60	9.84E-01	-4.07E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
61	9.84E-01	-4.07E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
62	9.87E-01	-4.02E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
63	9.88E-01	-4.02E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-04	8.00E-05
64	9.87E-01	-4.08E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-04	1.00E-04
65	9.91E-01	-4.08E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
66	9.80E-01	-4.13E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
67	9.84E-01	-3.99E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-04	1.10E-04
68	9.96E-01	-4.12E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-05	1.00E-05
69	9.83E-01	-3.99E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-04	1.60E-04
70	9.85E-01	-4.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-04	1.10E-04
71	9.96E-01	-4.12E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-05	1.00E-05
72	9.84E-01	-4.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-04	1.60E-04
73	9.94E-01	-4.12E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
74	9.90E-01	-4.95E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-03	7.00E-04
75	9.93E-01	-3.61E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-03	4.80E-04
76	9.98E-01	-3.63E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
77	9.98E-01	-3.63E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
78	1.00E+00	-3.58E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-04	5.00E-05
79	1.00E+00	-3.58E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.10E-04	8.00E-05
80	9.99E-01	-3.64E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.00E-04	1.00E-04
81	1.00E+00	-3.63E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
82	9.93E-01	-3.68E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
83	9.99E-01	-3.57E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-04	1.10E-04
84	1.01E+00	-3.67E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-05	1.00E-05
85	9.98E-01	-3.56E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-04	1.60E-04
86	9.94E-01	-3.62E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-03	4.80E-04
87	9.95E-01	-3.62E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-03	4.80E-04
88	1.01E+00	-3.81E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.80E-03	1.20E-03

	TOTAL		1.42E-01	4.62E-02	1.36E-01	3.44E-02

ISMATCH = 9.90E-05

REMOVE Ctrl PRINT SCREEN AND THEN PRESS RETURN TO CONTINUE.

ANEXOS

POWER FLOW LINE OUTPUT DATA FOR
QUININDE PUMP STATION EN CONDICIONES DE DISEÑO

LINE #	BUS TO BUS		P	Q	S	RATING EXCEEDED
1	1	2	1.42E-01	4.65E-02	1.49E-01	
	2	1	-1.42E-01	-4.65E-02	1.49E-01	
2	3	4	1.42E-01	4.00E-02	1.47E-01	
	4	3	-1.39E-01	-3.64E-02	1.44E-01	****
3	4	5	7.29E-02	1.94E-02	7.54E-02	
	5	4	-7.20E-02	-1.85E-02	7.44E-02	
4	4	6	1.48E-02	3.73E-03	1.53E-02	
	6	4	-1.48E-02	-3.72E-03	1.53E-02	
5	4	7	1.01E-03	3.01E-04	1.05E-03	
	7	4	-1.00E-03	-3.00E-04	1.04E-03	
6	4	8	1.01E-03	3.02E-04	1.05E-03	
	8	4	-1.00E-03	-3.00E-04	1.04E-03	
7	4	9	4.83E-03	1.32E-03	5.01E-03	
	9	4	-4.80E-03	-1.30E-03	4.97E-03	
8	4	11	5.01E-04	1.00E-04	5.11E-04	
	11	4	-5.00E-04	-1.00E-04	5.10E-04	
9	4	12	2.30E-04	5.99E-05	2.38E-04	
	12	4	-2.30E-04	-5.99E-05	2.38E-04	
10	4	13	1.01E-03	2.50E-04	1.04E-03	
	13	4	-1.00E-03	-2.50E-04	1.03E-03	
11	4	14	2.01E-04	5.00E-05	2.07E-04	
	14	4	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04	
12	4	15	2.01E-04	5.00E-05	2.07E-04	
	15	4	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04	
13	4	16	1.21E-04	3.00E-05	1.24E-04	
	16	4	-1.20E-04	-3.00E-05	1.24E-04	
14	4	17	1.95E-03	5.14E-04	2.01E-03	
	17	4	-1.92E-03	-5.08E-04	1.99E-03	
15	4	19	1.14E-03	3.01E-04	1.17E-03	
	19	4	-1.10E-03	-3.00E-04	1.14E-03	
16	4	20	4.01E-05	1.00E-05	4.14E-05	
	20	4	-4.00E-05	-1.00E-05	4.12E-05	

ANEXOS

17	4	21	3.35E-03	8.03E-04	3.45E-03
	21	4	-3.30E-03	-8.00E-04	3.40E-03
18	4	22	5.03E-03	1.27E-03	5.19E-03
	22	4	-5.00E-03	-1.25E-03	5.15E-03
19	4	23	2.02E-03	5.05E-04	2.08E-03
	23	4	-2.00E-03	-5.00E-04	2.06E-03
20	4	24	1.01E-03	3.00E-04	1.05E-03
	24	4	-1.00E-03	-3.00E-04	1.04E-03
21	4	25	1.16E-03	3.02E-04	1.20E-03
	25	4	-1.10E-03	-3.00E-04	1.14E-03
22	4	26	2.06E-02	5.30E-03	2.13E-02
	26	4	-2.05E-02	-5.10E-03	2.11E-02
23	4	27	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	27	4	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
24	4	28	1.14E-03	2.72E-04	1.17E-03
	28	4	-1.06E-03	-2.70E-04	1.09E-03
25	5	29	9.05E-04	2.00E-04	9.27E-04
	29	5	-9.00E-04	-2.00E-04	9.22E-04
26	5	30	4.04E-04	1.00E-04	4.17E-04
	30	5	-4.00E-04	-1.00E-04	4.12E-04
27	5	31	2.02E-04	1.00E-04	2.26E-04
	31	5	-2.00E-04	-1.00E-04	2.24E-04
28	5	32	2.03E-03	5.07E-04	2.09E-03
	32	5	-2.00E-03	-5.00E-04	2.06E-03
29	5	33	4.05E-04	1.00E-04	4.17E-04
	33	5	-4.00E-04	-1.00E-04	4.12E-04
30	5	34	1.91E-03	5.29E-04	1.99E-03
	34	5	-1.90E-03	-5.28E-04	1.97E-03
31	5	36	4.21E-04	1.00E-04	4.32E-04
	36	5	-4.20E-04	-9.99E-05	4.32E-04
32	5	37	1.24E-03	3.01E-04	1.27E-03
	37	5	-1.20E-03	-3.00E-04	1.24E-03
33	5	38	2.73E-03	7.02E-04	2.82E-03
	38	5	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03
34	5	39	2.73E-03	7.02E-04	2.82E-03
	39	5	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03
35	5	40	1.32E-03	3.03E-04	1.35E-03
	40	5	-1.30E-03	-3.00E-04	1.33E-03
36	5	41	1.21E-03	3.01E-04	1.25E-03
	41	5	-1.20E-03	-3.00E-04	1.24E-03

ANEXOS

7	5	42	2.03E-03	5.02E-04	2.09E-03
	42	5	-2.00E-03	-5.00E-04	2.06E-03
8	5	43	7.04E-05	2.00E-05	7.32E-05
	43	5	-7.00E-05	-2.00E-05	7.28E-05
9	5	44	3.57E-03	9.15E-04	3.68E-03
	44	5	-3.50E-03	-9.00E-04	3.61E-03
0	5	45	1.61E-03	4.01E-04	1.66E-03
	45	5	-1.60E-03	-4.00E-04	1.65E-03
1	5	46	1.55E-02	4.08E-03	1.60E-02
	46	5	-1.50E-02	-3.76E-03	1.55E-02
2	5	47	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	47	5	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
3	5	48	1.05E-02	2.75E-03	1.09E-02
	48	5	-1.04E-02	-2.60E-03	1.07E-02
4	5	49	4.04E-04	1.00E-04	4.16E-04
	49	5	-4.00E-04	-1.00E-04	4.12E-04
5	5	50	1.71E-03	4.00E-04	1.76E-03
	50	5	-1.70E-03	-4.00E-04	1.75E-03
6	5	51	1.20E-04	3.00E-05	1.24E-04
	51	5	-1.20E-04	-3.00E-05	1.24E-04
7	5	52	2.01E-04	5.01E-05	2.07E-04
	52	5	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04
8	5	53	1.93E-03	5.05E-04	2.00E-03
	53	5	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
9	5	54	1.93E-03	5.05E-04	2.00E-03
	54	5	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
0	5	55	2.03E-04	5.01E-05	2.09E-04
	55	5	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04
1	5	56	3.04E-04	8.01E-05	3.14E-04
	56	5	-3.00E-04	-8.00E-05	3.10E-04
2	5	57	5.06E-04	1.00E-04	5.16E-04
	57	5	-5.00E-04	-1.00E-04	5.10E-04
3	5	58	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	58	5	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
4	5	59	2.75E-03	7.12E-04	2.84E-03
	59	5	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03
5	5	60	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	60	5	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
6	5	61	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	61	5	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03

ANEXOS

57	5	62	2.02E-04	5.01E-05	2.09E-04
	62	5	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04
58	5	63	3.03E-04	8.01E-05	3.14E-04
	63	5	-3.00E-04	-8.00E-05	3.10E-04
59	5	64	5.06E-04	1.00E-04	5.16E-04
	64	5	-5.00E-04	-1.00E-04	5.10E-04
60	5	65	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	65	5	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
61	5	66	2.75E-03	7.12E-04	2.84E-03
	66	5	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03
62	5	67	4.47E-04	1.10E-04	4.60E-04
	67	5	-4.40E-04	-1.10E-04	4.54E-04
63	5	68	3.01E-05	1.00E-05	3.17E-05
	68	5	-3.00E-05	-1.00E-05	3.16E-05
64	5	69	6.30E-04	1.61E-04	6.50E-04
	69	5	-6.20E-04	-1.60E-04	6.40E-04
65	5	70	4.46E-04	1.10E-04	4.60E-04
	70	5	-4.40E-04	-1.10E-04	4.54E-04
66	5	71	3.01E-05	1.00E-05	3.17E-05
	71	5	-3.00E-05	-1.00E-05	3.16E-05
67	5	72	6.30E-04	1.61E-04	6.50E-04
	72	5	-6.20E-04	-1.60E-04	6.40E-04
68	5	73	2.91E-03	7.45E-04	3.01E-03
	73	5	-2.90E-03	-7.44E-04	2.99E-03
69	6	75	1.96E-03	4.85E-04	2.02E-03
	75	6	-1.92E-03	-4.80E-04	1.98E-03
70	6	76	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	76	6	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
71	6	77	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	77	6	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
72	6	78	1.82E-04	5.00E-05	1.89E-04
	78	6	-1.80E-04	-5.00E-05	1.87E-04
73	6	79	3.13E-04	8.01E-05	3.23E-04
	79	6	-3.10E-04	-8.00E-05	3.20E-04
74	6	80	6.08E-04	1.00E-04	6.16E-04
	80	6	-6.00E-04	-1.00E-04	6.08E-04
75	6	81	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	81	6	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
76	6	82	2.75E-03	7.11E-04	2.84E-03
	82	6	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03

ANEXOS

7	6	83	4.46E-04	1.10E-04	4.59E-04
	83	6	-4.40E-04	-1.10E-04	4.54E-04
8	6	84	3.01E-05	1.00E-05	3.17E-05
	84	6	-3.00E-05	-1.00E-05	3.16E-05
9	6	85	6.29E-04	1.61E-04	6.49E-04
	85	6	-6.20E-04	-1.60E-04	6.40E-04
0	6	86	1.95E-03	4.85E-04	2.01E-03
	86	6	-1.92E-03	-4.80E-04	1.98E-03
1	6	87	1.95E-03	4.85E-04	2.01E-03
	87	6	-1.92E-03	-4.80E-04	1.98E-03
2	4	88	4.83E-03	1.22E-03	4.98E-03
	88	4	-4.80E-03	-1.20E-03	4.95E-03

MOVE Ctrl PRINT SCREEN AND THEN PRESS RETURN TO CONTINUE.

ANEXOS

POWER FLOW TRANSFORMER OUTPUT DATA FOR
JININDE PUMP STATION EN CONDICIONES DE DISEÑO

TRAN.#	BUS TO BUS		P	Q	S	TAP SETTING	RATING EXCEEDED
1	2	3	1.42E-01	4.69E-02	1.49E-01	1.05E+00	
	3	2	-1.42E-01	-4.00E-02	1.47E-01		*
2	9	10	4.80E-03	1.30E-03	4.97E-03	1.00E+00	
	10	9	-4.80E-03	-1.20E-03	4.95E-03		
3	17	18	1.92E-03	5.08E-04	1.99E-03	1.00E+00	
	18	17	-1.92E-03	-4.80E-04	1.98E-03		
4	34	35	1.90E-03	5.28E-04	1.97E-03	1.00E+00	
	35	34	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03		
5	73	74	2.90E-03	7.44E-04	2.99E-03	1.00E+00	
	74	73	-2.90E-03	-7.00E-04	2.98E-03		

REMOVE Ctrl PRINT SCREEN AND THEN PRESS RETURN TO CONTINUE.

ANEXOS

CONDICIONES DE DISEÑO

DATOS DE LAS LINEAS														RESULTADOS		
ITEM	TAG	No.	TAMAÑO	LONG (M)	NL	BI	Bf	R/MFT	X/MFT	I(A)	Rpu	Xpu	Spu	Ppu	Qpu	Spu
1	MCC002P	4	# 500 w/ # 2	32	L2	3	4	0.0265	0.0390	430	0.121	0.178	0.143	0.14200	0.04000	0.14700
2	MCC003P	4	# 350 w/ # 3	28	L3	4	5	0.0382	0.0400	280	0.152	0.159	0.093	0.07290	0.01940	0.07540
3	MCC004P	1	# 500 w/ # 2	10	L4	4	6	0.0265	0.0390	344	0.038	0.056	0.029	0.01480	0.00375	0.01530
4	TR002P	1	# 2 w/ # 6	25	L1	1	2	0.2010	0.0450	200	0.001	0.000	0.478	0.14200	0.04650	0.14900
5	P100	1	# 4 w/ # 8	200	L5	4	7	0.3210	0.0480	76	9.142	1.367	0.006	0.00101	0.00030	0.00105
6	P101	1	# 4 w/ # 8	220	L6	4	8	0.3210	0.0480	76	10.056	1.504	0.006	0.00101	0.00030	0.00105
7	P102	1	# 2/0 w/ # 6	95	L7	4	9	0.1010	0.0430	156	1.366	0.582	0.013	0.00483	0.00132	0.00501
8	P104	1	# 8 w/ # 10	50	L8	4	11	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00050	0.00010	0.00051
9	P105	1	# 10 w/ 3# 14	20	L9	4	12	1.2900	0.0500	30	3.674	0.142	0.002	0.00023	0.00006	0.00024
10	P106	1	# 8 w/ # 10	50	L10	4	13	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00101	0.00025	0.00104
11	P107	1	# 10 w/ 3# 14	140	L11	4	14	1.2900	0.0500	30	25.717	0.997	0.002	0.00020	0.00005	0.00021
12	P108	1	# 10 w/ 3# 14	150	L12	4	15	1.2900	0.0500	30	27.554	1.068	0.002	0.00020	0.00005	0.00021
13	P109	1	# 12 w/ 3# 16	160	L13	4	16	2.0500	0.0540	20	46.706	1.230	0.002	0.00012	0.00003	0.00012
14	P110	1	# 2 w/ # 6	245	L14	4	17	0.2010	0.0450	104	7.012	1.570	0.009	0.00195	0.00051	0.00201
15	P112	1	# 12 w/ 3# 16	90	L15	4	19	2.0500	0.0540	20	26.272	0.692	0.002	0.00113	0.00030	0.00117
16	P115	1	# 14 w/ 3# 18	175	L16	4	20	3.2600	0.0580	15	81.238	1.445	0.001	0.00004	0.00001	0.00004
17	P117	1	# 8 w/ # 10	40	L17	4	21	0.8090	0.0520	44	4.608	0.296	0.004	0.00335	0.00080	0.00345
18	P118	1	# 4/0 w/ # 4	140	L18	4	22	0.0626	0.0410	208	1.248	0.817	0.017	0.00503	0.00127	0.00519
19	P119	1	# 2 w/ # 6	175	L19	4	23	0.2010	0.0450	104	5.009	1.121	0.009	0.00202	0.00051	0.00208
20	P120	1	# 8 w/ # 10	45	L20	4	24	0.8090	0.0520	44	5.184	0.333	0.004	0.00101	0.00030	0.00105
21	P124	1	# 12 w/ 3# 16	145	L21	4	25	2.0500	0.0540	20	42.328	1.115	0.002	0.00116	0.00030	0.00120
22	P130	1	# 500 w/ # 2	80	L22	4	26	0.0265	0.0390	344	0.302	0.444	0.029	0.02060	0.00529	0.00213
23	P132	1	# 12 w/ 3# 16	150	L23	4	27	2.0500	0.0540	20	43.787	1.153	0.002	0.00013	0.00003	0.00013
24	P138	1	# 12 w/ 3# 16	210	L24	4	28	2.0500	0.0540	20	61.302	1.615	0.002	0.00114	0.00027	0.00117
25	P220	1	# 4/0 w/ # 4	140	L25	4	88	0.0626	0.0410	208	1.248	0.817	0.017	0.00483	0.00122	0.00495
26	P200	1	# 8 w/ # 10	50	L26	5	29	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00091	0.00020	0.00093
27	P202	1	# 10 w/ 3# 14	140	L26	5	30	1.2900	0.0500	30	25.717	0.997	0.002	0.00040	0.00010	0.00042
28	P203	1	# 12 w/ 3# 16	160	L27	5	31	2.0500	0.0540	20	46.706	1.230	0.002	0.00020	0.00010	0.00023
29	P204	1	# 2 w/ # 6	240	L28	5	32	0.2010	0.0450	104	6.869	1.538	0.009	0.00203	0.00051	0.00209
30	P205	1	# 10 w/ 3# 14	150	L29	5	33	1.2900	0.0500	30	27.554	1.068	0.002	0.00041	0.00010	0.00042
31	P206	1	# 6 w/ # 8	50	L30	5	34	0.5100	0.0510	60	3.631	0.363	0.005	0.00191	0.00053	0.00199
32	P208	1	# 10 w/ 3# 14	20	L31	5	36	1.2900	0.0500	30	3.674	0.142	0.002	0.00042	0.00010	0.00043
33	P139	1	# 12 w/ 3# 16	80	L32	5	37	2.0500	0.0540	20	23.353	0.615	0.002	0.00124	0.00030	0.00127
34	P212	1	# 8 w/ # 10	30	L33	5	38	0.8090	0.0520	44	3.456	0.222	0.004	0.00273	0.00070	0.00282
35	P213	1	# 8 w/ # 10	30	L34	5	39	0.8090	0.0520	44	3.456	0.222	0.004	0.00273	0.00070	0.00282
36	P214	1	# 4 w/ # 8	230	L35	5	40	0.3210	0.0480	76	10.513	1.572	0.006	0.00132	0.00030	0.00135
37	P216	1	# 8 w/ # 10	75	L36	5	41	0.8090	0.0520	44	8.640	0.555	0.004	0.00121	0.00031	0.00125
38	P217	1	# 8 w/ # 10	50	L37	5	42	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00202	0.00050	0.00209
39	P218	1	# 14 w/ 3# 18	175	L38	5	43	3.2600	0.0580	15	81.238	1.445	0.001	0.00007	0.00002	0.00007
40	P219	1	# 2 w/ # 6	175	L39	5	44	0.2010	0.0450	104	5.009	1.121	0.009	0.00357	0.00092	0.00368
41	P221	1	# 8 w/ # 10	35	L40	5	45	0.8090	0.0520	44	4.032	0.259	0.004	0.00161	0.00040	0.00166
42	P222	2	# 4/0 w/ # 4	210	L41	5	46	0.0626	0.0410	208	1.872	1.226	0.035	0.01550	0.00408	0.01600
43	P271	1	# 12 w/ 3# 16	150	L42	5	47	2.0500	0.0540	20	43.787	1.153	0.002	0.00013	0.00003	0.00013
44	P226	1	# 350 w/ # 3	225	L43	5	48	0.0382	0.0400	280	1.224	1.282	0.023	0.01050	0.00275	0.01090
45	P228	1	# 12 w/ 3# 16	80	L44	5	49	2.0500	0.0540	20	23.353	0.615	0.002	0.00040	0.00010	0.00042
46	P235	1	# 8 w/ # 10	25	L45	5	50	0.8090	0.0520	44	2.880	0.185	0.004	0.00171	0.00040	0.00176
47	P270	1	# 6 w/ # 8	220	L46	5	51	0.5100	0.0510	80	15.977	1.598	0.005	0.00012	0.00003	0.00012
48	P272	1	# 8 w/ # 10	220	L47	5	52	0.8090	0.0520	44	25.344	1.629	0.004	0.00020	0.00005	0.00021
49	P311	1	# 4 w/ # 8	170	L48	5	53	0.3210	0.0480	76	7.771	1.162	0.006	0.00193	0.00051	0.00200
50	P312	1	# 4 w/ # 8	170	L49	5	54	0.3210	0.0480	76	7.771	1.162	0.006	0.00193	0.00051	0.00200
51	P313	1	# 12 w/ 3# 16	200	L50	5	55	2.0500	0.0540	20	58.383	1.538	0.002	0.00020	0.00005	0.00021
52	P314	1	# 10 w/ 3# 14	200	L51	5	56	1.2900	0.0500	30	36.739	1.424	0.002	0.00030	0.00008	0.00031
53	P315	1	# 8 w/ # 10	200	L52	5	57	0.8090	0.0520	44	23.040	1.481	0.004	0.00051	0.00010	0.00052
54	P316	1	# 12 w/ 3# 16	200	L53	5	58	2.0500	0.0540	20	58.383	1.538	0.002	0.00013	0.00003	0.00013
55	P317	1	# 2 w/ # 6	230	L54	5	59	0.2010	0.0450	104	6.583	1.474	0.009	0.00275	0.00071	0.00284
56	P321	1	# 4 w/ # 8	160	L55	5	60	0.3210	0.0480	76	7.314	1.094	0.006	0.00193	0.00050	0.00199
57	P322	1	# 4 w/ # 8	160	L56	5	61	0.3210	0.0480	76	7.314	1.094	0.006	0.00193	0.00050	0.00199
58	P323	1	# 12 w/ 3# 16	190	L57	5	62	2.0500	0.0540	20	55.464	1.461	0.002	0.00020	0.00005	0.00021

CONDICIONES DE DISEÑO

DATOS DE LAS LINEAS													RESULTADOS			
ITEM	TAG	No.	TAMAÑO	LONG (M)	NL	Bl	Bf	R/KFT	X/KFT	I(A)	Rpu	Xpu	Spu	Ppu	Qpu	Spu
59	P324	1	# 10 w/ 3# 14	190	L58	5	63	1.2900	0.0500	30	34.902	1.353	0.002	0.00030	0.00008	0.00031
60	P325	1	# 8 w/ # 10	190	L59	5	64	0.8090	0.0520	44	21.888	1.407	0.004	0.00051	0.00010	0.00052
61	P326	1	# 12 w/ 3# 16	190	L60	5	65	2.0500	0.0540	20	55.464	1.461	0.002	0.00013	0.00003	0.00013
62	P327	1	# 2 w/ # 6	225	L61	5	66	0.2010	0.0450	104	6.440	1.442	0.009	0.00275	0.00071	0.00284
63	P331	1	# 4 w/ # 8	150	L70	6	76	0.3210	0.0480	76	6.856	1.025	0.006	0.00193	0.00050	0.01990
64	P332	1	# 4 w/ # 8	150	L71	6	77	0.3210	0.0480	76	6.856	1.025	0.006	0.00193	0.00050	0.00199
65	P333	1	# 12 w/ 3# 16	180	L72	6	78	2.0500	0.0540	20	52.545	1.384	0.002	0.00018	0.00005	0.00019
66	P334	1	# 10 w/ 3# 14	180	L73	6	79	1.2900	0.0500	30	33.065	1.282	0.002	0.00031	0.00008	0.00032
67	P335	1	# 8 w/ # 10	180	L74	6	80	0.8090	0.0520	44	20.736	1.333	0.004	0.00061	0.00010	0.00062
68	P336	1	# 12 w/ 3# 16	180	L75	6	81	2.0500	0.0540	20	52.545	1.384	0.002	0.00013	0.00030	0.00013
69	P337	1	# 2 w/ # 6	220	L76	6	82	0.2010	0.0450	104	6.297	1.410	0.009	0.00275	0.00071	0.00284
70	P351	1	# 10 w/ 3# 14	170	L62	5	67	1.2900	0.0500	30	31.228	1.210	0.002	0.00045	0.00011	0.00046
71	P352	1	# 14 w/ 3# 18	170	L63	5	68	3.2600	0.0580	15	78.917	1.404	0.001	0.00003	0.00001	0.00003
72	P355	1	# 8 w/ # 10	210	L64	5	69	0.8090	0.0520	44	24.192	1.555	0.004	0.00063	0.00016	0.00065
73	P361	1	# 10 w/ 3# 14	160	L65	5	70	1.2900	0.0500	30	29.391	1.139	0.002	0.00045	0.00011	0.00046
74	P362	1	# 14 w/ 3# 18	160	L66	5	71	3.2600	0.0580	15	74.275	1.321	0.001	0.00003	0.00001	0.00003
75	P365	1	# 8 w/ # 10	200	L67	5	72	0.8090	0.0520	44	23.040	1.481	0.004	0.00063	0.00016	0.00065
76	P371	1	# 10 w/ 3# 14	150	L77	6	83	1.2900	0.0500	30	27.554	1.068	0.002	0.00045	0.00011	0.00046
77	P372	1	# 14 w/ 3# 18	150	L78	6	84	3.2600	0.0580	15	69.632	1.239	0.001	0.00003	0.00001	0.00003
78	P375	1	# 8 w/ # 10	190	L79	6	85	0.8090	0.0520	44	21.888	1.407	0.004	0.00063	0.00016	0.00065
79	P501	1	# 6 w/ # 8	20	L68	5	73	0.5100	0.0510	60	1.452	0.145	0.005	0.00291	0.00075	0.00301
80	P318	1	# 4 w/ # 8	200	L69	6	75	0.3210	0.0480	76	9.142	1.367	0.006	0.00196	0.00049	0.00202
81	P328	1	# 4 w/ # 8	190	L80	6	86	0.3210	0.0480	76	8.685	1.299	0.006	0.00195	0.00049	0.00201
82	P338	1	# 4 w/ # 8	180	L81	6	87	0.3210	0.0480	76	8.228	1.230	0.006	0.00195	0.00049	0.00201
													1.136			0.62220

BASES

13.8 KV
 10 MVA
 19.044 pu
 418.37 A

0.48 KV
 10 MVA
 0.023 pu
 12028.13 A

CONDICIONES DE DISEÑO

B#	DATOS							RESULTADOS					
	P	Q	KVA	P pu	Q pu	S pu	Vpu	Descripción	Z	Vpu	Ppu	Qpu	Spu
1							1.00	INFINITA		1.000	0.1420	0.0462	
2							1.00	TRAFO	Z= 4%	1.000	0.1420	0.0469	0.1490
3			1288.00			0.1288	1.05	TRAFO	Zn= 0.311 pu	1.040			
4								-		1.010			
5								-		0.998			
6								-		1.010			
7	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.000			
8	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.000			
9								TRAFO 75	Z= 3.2%	1.010	0.0048	0.0013	0.0050
10	0.0480	0.0120	60.00	0.0048	0.0012	0.0060		TRAFO 75	Zn= 4.267 pu	1.000			
11	0.0050	0.0012	6.20	0.0005	0.0001	0.0006		CARGA		1.010			
12	0.0023	0.0006	2.90	0.0002	0.0001	0.0003		CARGA		1.010			
13	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.010			
14	0.0019	0.0005	2.40	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
15	0.0019	0.0005	2.40	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
16	0.0012	0.0003	1.50	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
17								TRAFO 30	Z= 2.1%	0.998	0.0019	0.0005	0.0020
18	0.0192	0.0048	24.00	0.0019	0.0005	0.0024		TRAFO 30	Zn= 7.000 pu	0.995			
19	0.0106	0.0027	13.30	0.0011	0.0003	0.0013		CARGA		0.983			
20	0.0004	0.0001	0.50	0.0000	0.0000	0.0001		CARGA		1.010			
21	0.0333	0.0083	41.60	0.0033	0.0008	0.0042		CARGA		0.997			
22	0.0500	0.0125	62.50	0.0050	0.0013	0.0063		CARGA		1.010			
23	0.0195	0.0049	24.40	0.0020	0.0005	0.0024		CARGA		1.000			
24	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.010			
25	0.0106	0.0027	13.30	0.0011	0.0003	0.0013		CARGA		0.964			
26	0.2048	0.0512	256.00	0.0205	0.0051	0.0256		CARGA		1.000			
27	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
28	0.0106	0.0027	13.30	0.0011	0.0003	0.0013		CARGA		0.943			
29	0.0090	0.0022	11.20	0.0009	0.0002	0.0011		CARGA		0.993			
30	0.0037	0.0009	4.66	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		0.988			
31	0.0022	0.0006	2.80	0.0002	0.0001	0.0003		CARGA		0.989			
32	0.0199	0.0050	24.90	0.0020	0.0005	0.0025		CARGA		0.984			
33	0.0037	0.0009	4.66	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		0.987			
34								TRAFO 30	Z= 2.1%	0.991	0.0019	0.0005	0.0020
35	0.0192	0.0048	24.00	0.0019	0.0005	0.0024		TRAFO 30	Zn= 7.000 pu	0.988			
36	0.0042	0.0010	5.20	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		0.997			
37	0.0120	0.0030	15.00	0.0012	0.0003	0.0015		CARGA		0.959			
38	0.0266	0.0067	33.30	0.0027	0.0007	0.0033		CARGA		0.989			
39	0.0266	0.0067	33.30	0.0027	0.0007	0.0033		CARGA		0.989			
40	0.0133	0.0033	16.60	0.0013	0.0003	0.0017		CARGA		0.984			
41	0.0120	0.0030	15.00	0.0012	0.0003	0.0015		CARGA		0.988			
42	0.0199	0.0050	24.90	0.0020	0.0005	0.0025		CARGA		0.987			
43	0.0007	0.0002	0.90	0.0001	0.0000	0.0001		CARGA		0.993			
44	0.0351	0.0088	43.90	0.0035	0.0009	0.0044		CARGA		0.979			
45	0.0160	0.0040	20.00	0.0016	0.0004	0.0020		CARGA		0.992			
46	0.1504	0.0376	188.00	0.0150	0.0038	0.0188		CARGA		0.964			
47	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		0.993			
48	0.1040	0.0260	130.00	0.0104	0.0026	0.0130		CARGA		0.982			
49	0.0037	0.0009	4.66	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		0.989			
50	0.0166	0.0042	20.80	0.0017	0.0004	0.0021		CARGA		0.993			
51	0.0012	0.0003	1.50	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		0.996			
52	0.0019	0.0005	2.40	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		0.993			
53	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		0.983			
54	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		0.983			
55	0.0018	0.0005	2.30	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		0.986			
56	0.0031	0.0008	3.90	0.0003	0.0001	0.0004		CARGA		0.987			
57	0.0047	0.0012	5.90	0.0005	0.0001	0.0006		CARGA		0.987			
58	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		0.991			
59	0.0269	0.0067	33.60	0.0027	0.0007	0.0034		CARGA		0.979			
60	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		0.984			
61	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		0.984			
62	0.0018	0.0005	2.30	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		0.987			
63	0.0031	0.0008	3.90	0.0003	0.0001	0.0004		CARGA		0.988			
64	0.0047	0.0012	5.90	0.0005	0.0001	0.0006		CARGA		0.987			
65	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		0.991			
66	0.0269	0.0067	33.60	0.0027	0.0007	0.0034		CARGA		0.980			

SISTEMA EN CONDICIONES NORMALES

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

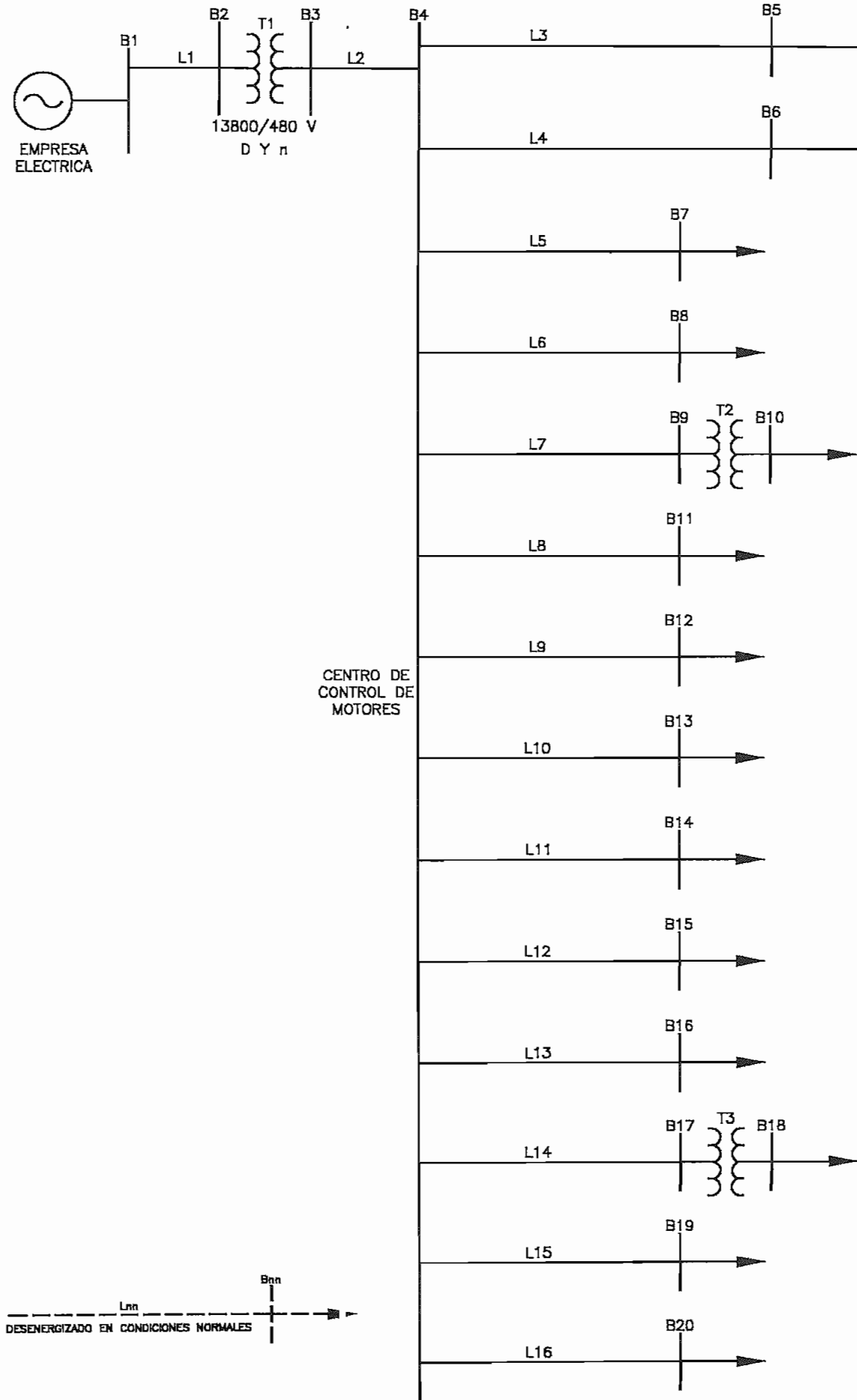


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

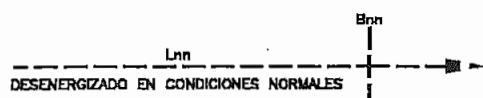
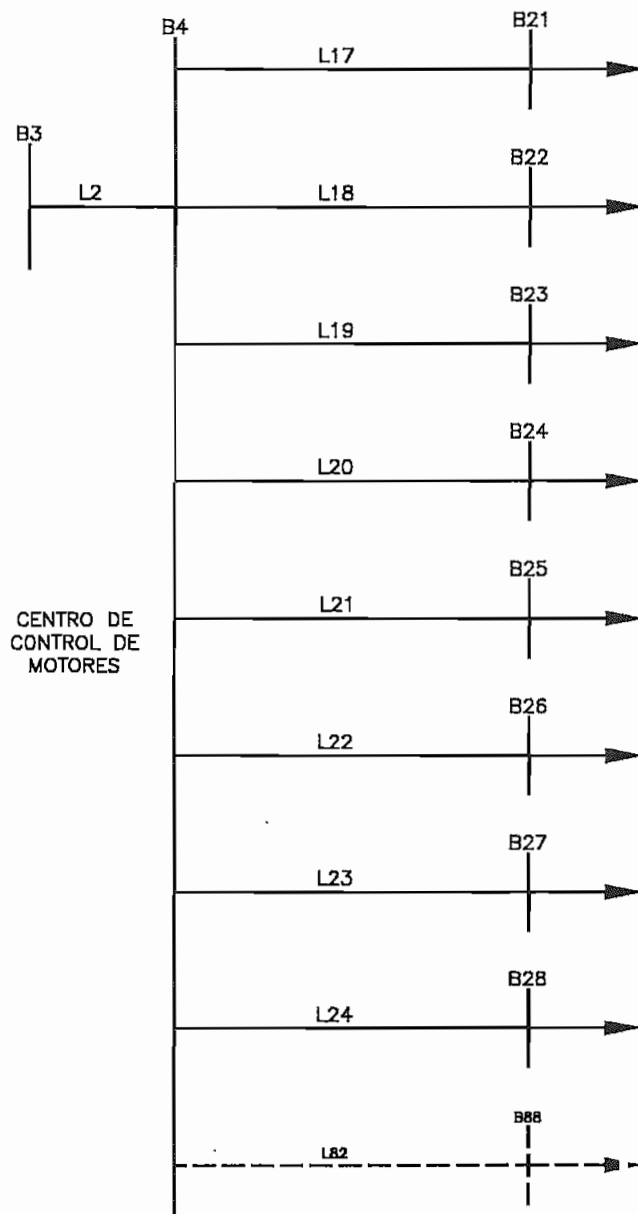


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

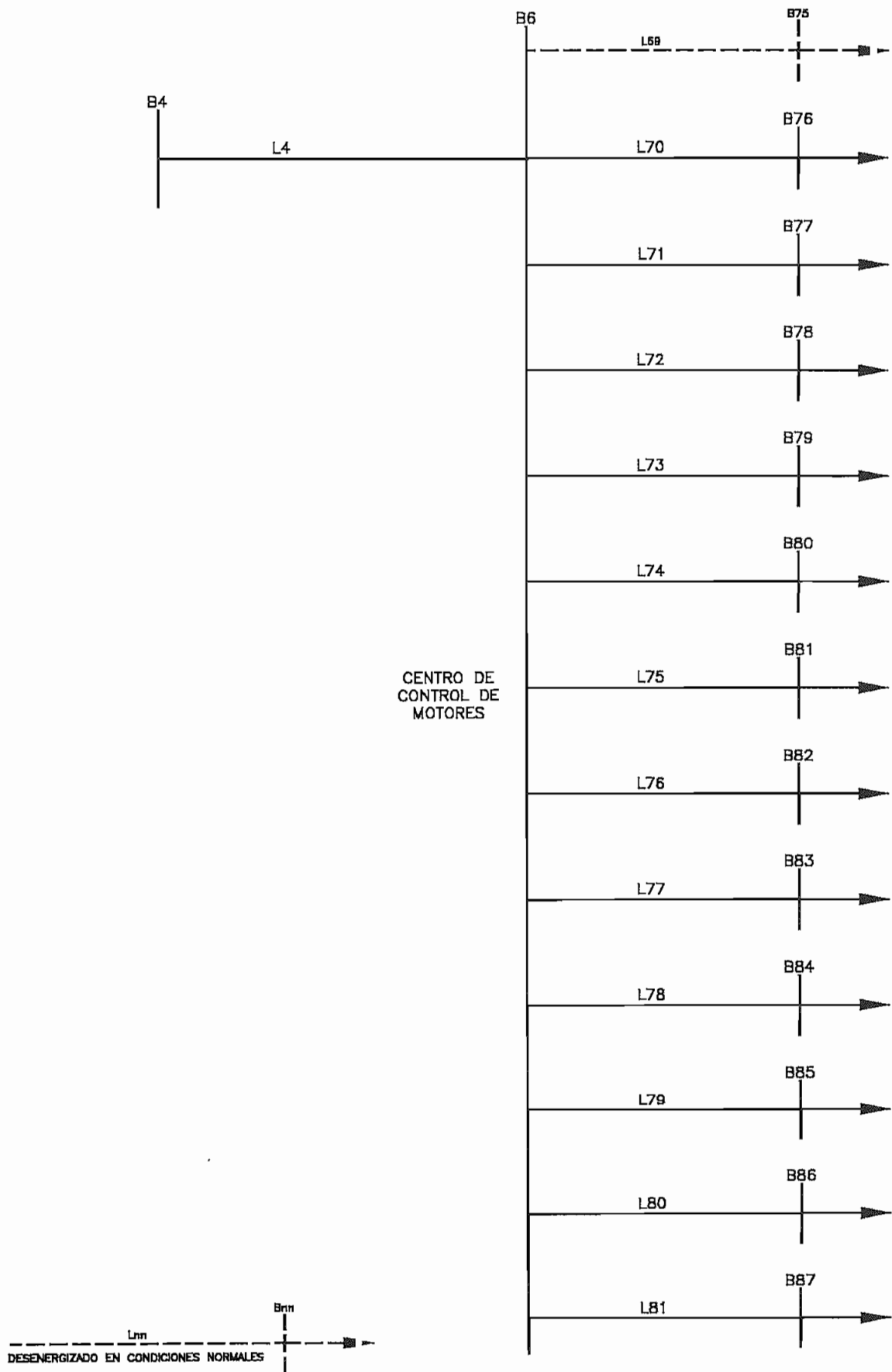


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA

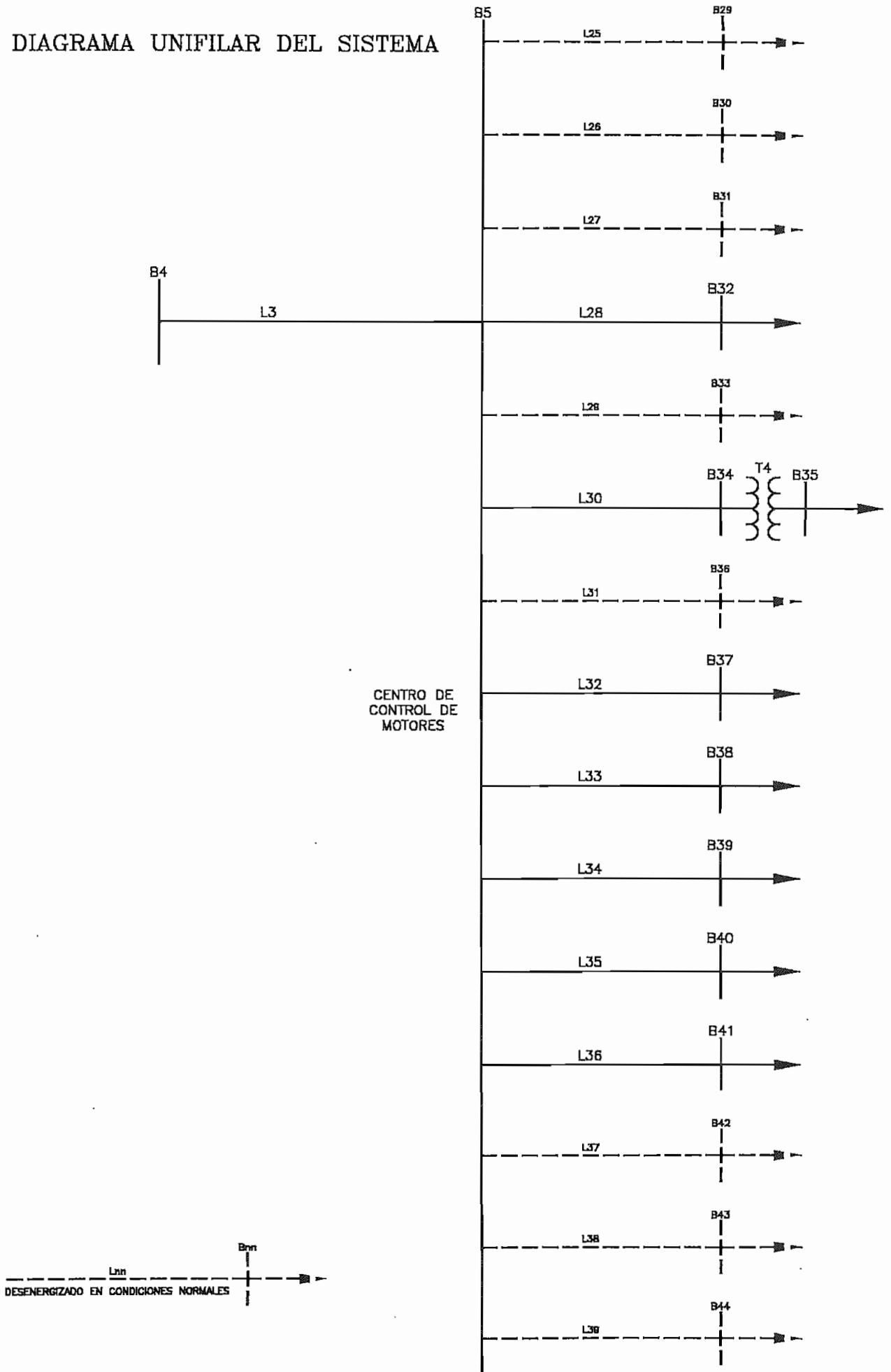
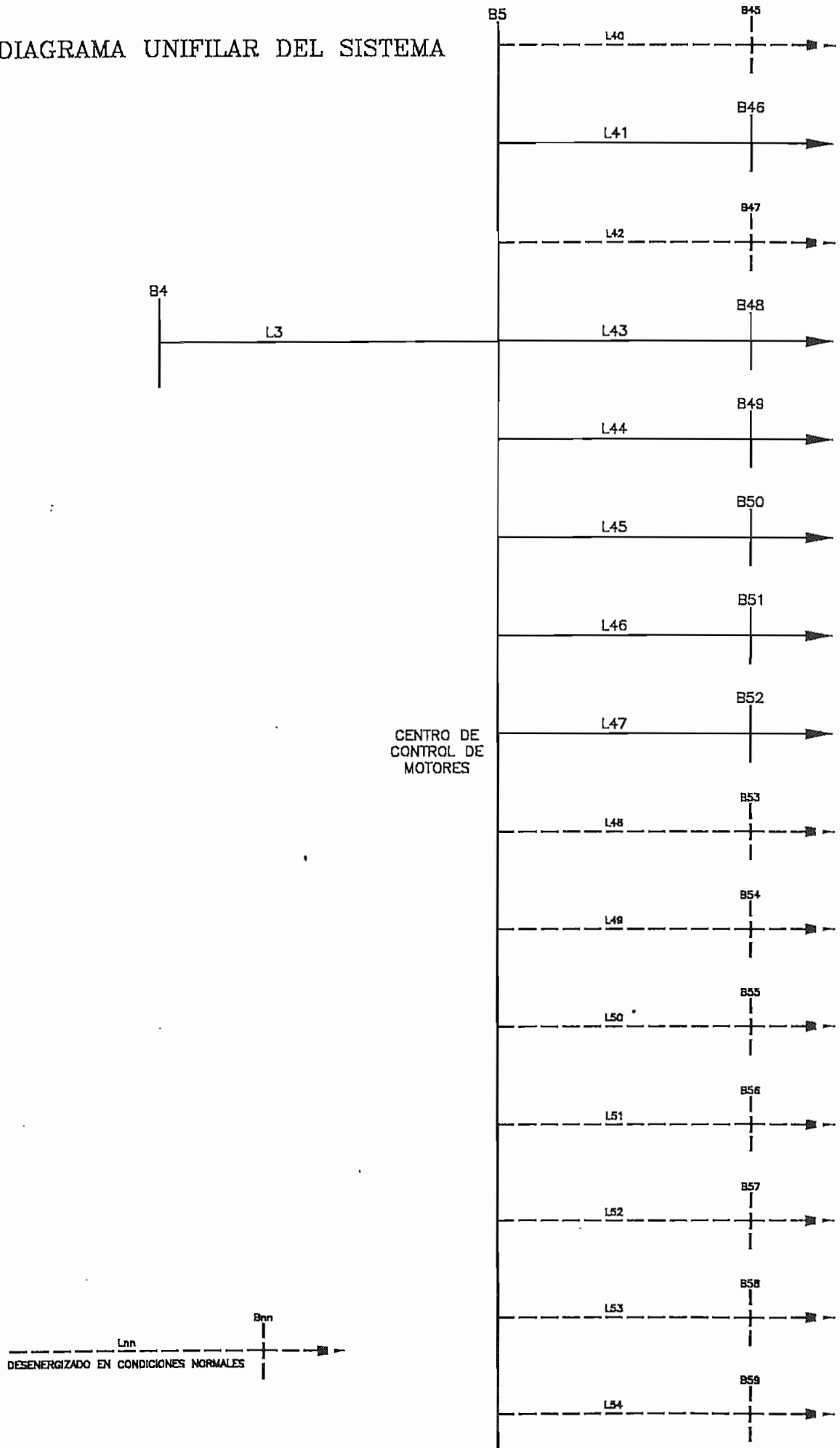


DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA



ANEXOS

POWER FLOW BUS OUTPUT DATA FOR QUININDE PUMP STATION EN CONDICIONES NORMAL

	GENERATION		LOAD			
	VOLTAGE MAGNITUDE	PHASE ANGLE	PG	QG	PL	QL .95>V>1.0
JS#	per unit	degrees	per unit	per unit	per unit	per unit
1	1.00E+00	0.00E+00	1.15E-01	3.56E-02	0.00E+00	0.00E+00
2	1.00E+00	1.40E-03	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
3	1.04E+00	-2.07E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	1.02E+00	-2.97E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	1.02E+00	-3.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
7	1.01E+00	-2.89E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	3.00E-04
3	1.01E+00	-2.89E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	3.00E-04
9	1.01E+00	-3.03E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
10	1.01E+00	-4.18E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.80E-03	1.20E-03
11	1.02E+00	-2.95E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-04	1.00E-04
12	1.02E+00	-2.96E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.30E-04	6.00E-05
13	1.01E+00	-2.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	2.50E-04
14	1.01E+00	-2.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
15	1.01E+00	-2.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
16	1.01E+00	-2.90E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-04	3.00E-05
17	1.01E+00	-2.94E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
18	1.00E+00	-3.70E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-03	4.80E-04
19	9.91E-01	-2.57E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-03	3.00E-04
20	1.02E+00	-2.93E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-05	1.00E-05
21	1.00E+00	-2.82E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.30E-03	8.00E-04
22	1.01E+00	-3.11E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-03	1.25E-03
23	1.01E+00	-2.95E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-03	5.00E-04
24	1.01E+00	-2.90E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.00E-03	3.00E-04
25	9.72E-01	-2.31E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.10E-03	3.00E-04
26	1.01E+00	-3.39E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.05E-02	5.10E-03
27	1.01E+00	-2.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
28	9.51E-01	-2.09E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.06E-03	2.70E-04
29	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
30	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
31	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
32	9.95E-01	-3.31E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-03	5.00E-04
33	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
34	1.00E+00	-3.26E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
35	9.99E-01	-4.02E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
36	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
37	9.81E-01	-2.96E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-03	3.00E-04
38	1.00E+00	-3.22E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
39	1.00E+00	-3.22E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
40	9.96E-01	-3.26E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-03	3.00E-04
41	9.99E-01	-3.22E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-03	3.00E-04
42	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
43	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
44	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

ANEXOS

5	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	9.76E-01	-3.99E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.50E-02	3.76E-03
7	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
8	9.94E-01	-3.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.04E-02	2.60E-03
9	1.00E+00	-3.21E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.00E-04	1.00E-04
0	1.00E+00	-3.28E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.70E-03	4.00E-04
1	1.01E+00	-3.31E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.20E-04	3.00E-05
2	1.00E+00	-3.27E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
3	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
5	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
7	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
8	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
9	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
0	9.95E-01	-3.24E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
1	9.95E-01	-3.24E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
2	9.99E-01	-3.18E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.00E-04	5.00E-05
3	9.99E-01	-3.19E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-04	8.00E-05
4	9.99E-01	-3.24E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-04	1.00E-04
5	1.00E+00	-3.24E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
6	9.91E-01	-3.29E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
7	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
8	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
9	1.01E+00	-3.33E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
0	9.97E-01	-3.17E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-04	1.10E-04
1	1.01E+00	-3.29E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-05	1.00E-05
2	9.95E-01	-3.17E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-04	1.60E-04
3	1.01E+00	-3.29E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
4	1.00E+00	-4.09E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.90E-03	7.00E-04
5	1.02E+00	-3.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
6	1.01E+00	-2.92E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
7	1.01E+00	-2.92E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-03	5.00E-04
8	1.01E+00	-2.87E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.80E-04	5.00E-05
9	1.01E+00	-2.88E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.10E-04	8.00E-05
0	1.01E+00	-2.93E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.00E-04	1.00E-04
1	1.01E+00	-2.92E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.30E-04	3.00E-05
2	1.00E+00	-2.97E+00	0.00E+00	0.00E+00	2.70E-03	7.00E-04
3	1.01E+00	-2.86E+00	0.00E+00	0.00E+00	4.40E-04	1.10E-04
4	1.02E+00	-2.97E+00	0.00E+00	0.00E+00	3.00E-05	1.00E-05
5	1.01E+00	-2.86E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.20E-04	1.60E-04
6	1.00E+00	-2.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-03	4.80E-04
7	1.00E+00	-2.91E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.92E-03	4.80E-04
8	1.02E+00	-2.97E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

	TOTAL		1.15E-01	3.56E-02	1.11E-01	2.81E-02

SMATCH = 7.48E-05

REMOVE Ctrl PRINT SCREEN AND THEN PRESS RETURN TO CONTINUE.

ANEXOS

POWER FLOW LINE OUTPUT DATA FOR JININDE PUMP STATION EN CONDICIONES NORMALES

LINE #	BUS TO BUS		P	Q	S	RATING EXCEEDED
1	1	2	1.15E-01	3.60E-02	1.21E-01	
	2	1	-1.15E-01	-3.60E-02	1.21E-01	
2	3	4	1.15E-01	3.19E-02	1.19E-01	
	4	3	-1.13E-01	-2.95E-02	1.17E-01	
3	4	5	5.38E-02	1.42E-02	5.57E-02	
	5	4	-5.34E-02	-1.37E-02	5.51E-02	
4	4	6	1.29E-02	3.24E-03	1.33E-02	
	6	4	-1.28E-02	-3.23E-03	1.32E-02	
5	4	7	1.01E-03	3.01E-04	1.05E-03	
	7	4	-1.00E-03	-3.00E-04	1.04E-03	
5	4	8	1.01E-03	3.02E-04	1.05E-03	
	8	4	-1.00E-03	-3.00E-04	1.04E-03	
7	4	9	4.83E-03	1.32E-03	5.01E-03	
	9	4	-4.80E-03	-1.30E-03	4.97E-03	
8	4	11	5.01E-04	1.00E-04	5.11E-04	
	11	4	-5.00E-04	-1.00E-04	5.10E-04	
9	4	12	2.30E-04	5.99E-05	2.38E-04	
	12	4	-2.30E-04	-5.99E-05	2.38E-04	
10	4	13	1.01E-03	2.50E-04	1.04E-03	
	13	4	-1.00E-03	-2.50E-04	1.03E-03	
11	4	14	2.01E-04	5.00E-05	2.07E-04	
	14	4	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04	
12	4	15	2.01E-04	5.00E-05	2.07E-04	
	15	4	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04	
13	4	16	1.21E-04	3.00E-05	1.24E-04	
	16	4	-1.20E-04	-3.00E-05	1.24E-04	
14	4	17	1.95E-03	5.13E-04	2.01E-03	
	17	4	-1.92E-03	-5.07E-04	1.99E-03	
15	4	19	1.13E-03	3.01E-04	1.17E-03	
	19	4	-1.10E-03	-3.00E-04	1.14E-03	
16	4	20	4.01E-05	1.00E-05	4.14E-05	
	20	4	-4.00E-05	-1.00E-05	4.12E-05	

ANEXOS

7	4	21	3.35E-03	8.03E-04	3.45E-03
	21	4	-3.30E-03	-8.00E-04	3.40E-03
8	4	22	5.03E-03	1.27E-03	5.19E-03
	22	4	-5.00E-03	-1.25E-03	5.15E-03
9	4	23	2.02E-03	5.05E-04	2.08E-03
	23	4	-2.00E-03	-5.00E-04	2.06E-03
0	4	24	1.01E-03	3.00E-04	1.05E-03
	24	4	-1.00E-03	-3.00E-04	1.04E-03
1	4	25	1.16E-03	3.02E-04	1.20E-03
	25	4	-1.10E-03	-3.00E-04	1.14E-03
2	4	26	2.06E-02	5.29E-03	2.13E-02
	26	4	-2.05E-02	-5.10E-03	2.11E-02
3	4	27	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	27	4	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
4	4	28	1.14E-03	2.72E-04	1.17E-03
	28	4	-1.06E-03	-2.70E-04	1.09E-03
5	5	29	-2.05E-08	-6.20E-08	6.53E-08
	29	5	2.05E-08	6.20E-08	6.53E-08
6	5	30	-1.92E-10	-9.94E-09	9.94E-09
	30	5	1.92E-10	9.94E-09	9.94E-09
7	5	31	-7.91E-11	-2.49E-09	2.50E-09
	31	5	7.91E-11	2.49E-09	2.50E-09
8	5	32	2.03E-03	5.07E-04	2.09E-03
	32	5	-2.00E-03	-5.00E-04	2.06E-03
9	5	33	-1.79E-10	-9.27E-09	9.28E-09
	33	5	1.79E-10	9.27E-09	9.28E-09
0	5	34	1.91E-03	5.28E-04	1.99E-03
	34	5	-1.90E-03	-5.27E-04	1.97E-03
1	5	36	-3.43E-08	-7.91E-08	8.63E-08
	36	5	3.43E-08	7.91E-08	8.63E-08
2	5	37	1.24E-03	3.01E-04	1.27E-03
	37	5	-1.20E-03	-3.00E-04	1.24E-03
3	5	38	2.73E-03	7.02E-04	2.82E-03
	38	5	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03
4	5	39	2.73E-03	7.02E-04	2.82E-03
	39	5	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03
5	5	40	1.32E-03	3.03E-04	1.35E-03
	40	5	-1.30E-03	-3.00E-04	1.33E-03
6	5	41	1.21E-03	3.01E-04	1.25E-03
	41	5	-1.20E-03	-3.00E-04	1.24E-03

ANEXOS

7	5	42	-2.05E-08	-6.01E-08	6.35E-08
	42	5	2.05E-08	6.01E-08	6.35E-08
8	5	43	-8.38E-11	-2.08E-09	2.08E-09
	43	5	8.38E-11	2.08E-09	2.08E-09
9	5	44	-1.38E-08	-6.09E-08	6.25E-08
	44	5	1.38E-08	6.09E-08	6.25E-08
0	5	45	4.15E-10	-6.80E-08	6.80E-08
	45	5	-4.15E-10	6.80E-08	6.80E-08
1	5	46	1.55E-02	4.07E-03	1.60E-02
	46	5	-1.50E-02	-3.76E-03	1.55E-02
2	5	47	-2.98E-09	-7.12E-09	7.72E-09
	47	5	2.98E-09	7.12E-09	7.72E-09
3	5	48	1.05E-02	2.75E-03	1.09E-02
	48	5	-1.04E-02	-2.60E-03	1.07E-02
4	5	49	4.04E-04	1.00E-04	4.16E-04
	49	5	-4.00E-04	-1.00E-04	4.12E-04
5	5	50	1.71E-03	4.00E-04	1.75E-03
	50	5	-1.70E-03	-4.00E-04	1.75E-03
6	5	51	1.20E-04	3.00E-05	1.24E-04
	51	5	-1.20E-04	-3.00E-05	1.24E-04
7	5	52	2.01E-04	5.01E-05	2.07E-04
	52	5	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04
8	5	53	-1.11E-08	-4.76E-08	4.89E-08
	53	5	1.11E-08	4.76E-08	4.89E-08
9	5	54	4.36E-09	-4.82E-08	4.84E-08
	54	5	-4.36E-09	4.82E-08	4.84E-08
0	5	55	1.92E-09	-4.44E-09	4.84E-09
	55	5	-1.92E-09	4.44E-09	4.84E-09
1	5	56	-9.87E-11	-5.11E-09	5.12E-09
	56	5	9.87E-11	5.11E-09	5.12E-09
2	5	57	-5.21E-09	-5.21E-10	5.24E-09
	57	5	5.21E-09	5.21E-10	5.24E-09
3	5	58	-2.22E-09	-5.02E-09	5.49E-09
	58	5	2.22E-09	5.02E-09	5.49E-09
4	5	59	9.10E-09	-5.56E-08	5.63E-08
	59	5	-9.10E-09	5.56E-08	5.63E-08
5	5	60	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	60	5	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
6	5	61	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	61	5	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03

ANEXOS

57	5	62	2.02E-04	5.01E-05	2.08E-04
	62	5	-2.00E-04	-5.00E-05	2.06E-04
58	5	63	3.03E-04	8.01E-05	3.14E-04
	63	5	-3.00E-04	-8.00E-05	3.10E-04
59	5	64	5.06E-04	1.00E-04	5.16E-04
	64	5	-5.00E-04	-1.00E-04	5.10E-04
50	5	65	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	65	5	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
51	5	66	2.75E-03	7.11E-04	2.84E-03
	66	5	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03
62	5	67	-4.08E-09	-1.17E-08	1.24E-08
	67	5	4.08E-09	1.17E-08	1.24E-08
63	5	68	-5.75E-11	-1.43E-09	1.43E-09
	68	5	5.75E-11	1.43E-09	1.43E-09
64	5	69	8.30E-11	-1.35E-08	1.35E-08
	69	5	-8.30E-11	1.35E-08	1.35E-08
65	5	70	4.46E-04	1.10E-04	4.59E-04
	70	5	-4.40E-04	-1.10E-04	4.54E-04
66	5	71	3.01E-05	1.00E-05	3.17E-05
	71	5	-3.00E-05	-1.00E-05	3.16E-05
67	5	72	6.30E-04	1.61E-04	6.50E-04
	72	5	-6.20E-04	-1.60E-04	6.40E-04
68	5	73	2.91E-03	7.44E-04	3.01E-03
	73	5	-2.90E-03	-7.43E-04	2.99E-03
69	6	75	2.05E-09	-2.13E-08	2.14E-08
	75	6	-2.05E-09	2.13E-08	2.14E-08
70	6	76	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	76	6	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
71	6	77	1.93E-03	5.04E-04	1.99E-03
	77	6	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03
72	6	78	1.82E-04	5.00E-05	1.89E-04
	78	6	-1.80E-04	-5.00E-05	1.87E-04
73	6	79	3.13E-04	8.01E-05	3.23E-04
	79	6	-3.10E-04	-8.00E-05	3.20E-04
74	6	80	6.08E-04	1.00E-04	6.16E-04
	80	6	-6.00E-04	-1.00E-04	6.08E-04
75	6	81	1.31E-04	3.00E-05	1.34E-04
	81	6	-1.30E-04	-3.00E-05	1.33E-04
76	6	82	2.75E-03	7.11E-04	2.84E-03
	82	6	-2.70E-03	-7.00E-04	2.79E-03

ANEXOS

77	6	83	4.46E-04	1.10E-04	4.59E-04
	83	6	-4.40E-04	-1.10E-04	4.54E-04
78	6	84	3.01E-05	1.00E-05	3.17E-05
	84	6	-3.00E-05	-1.00E-05	3.16E-05
79	6	85	6.29E-04	1.61E-04	6.49E-04
	85	6	-6.20E-04	-1.60E-04	6.40E-04
80	6	86	1.95E-03	4.85E-04	2.01E-03
	86	6	-1.92E-03	-4.80E-04	1.98E-03
81	6	87	1.95E-03	4.85E-04	2.01E-03
	87	6	-1.92E-03	-4.80E-04	1.98E-03
82	4	88	1.05E-07	-1.80E-07	2.09E-07
	88	4	-1.05E-07	1.80E-07	2.09E-07

REMOVE Ctrl PRINT SCREEN AND THEN PRESS RETURN TO CONTINUE.

ANEXOS

POWER FLOW TRANSFORMER OUTPUT DATA FOR
MININDE PUMP STATION EN CONDICIONES NORMALES

TRAN.#	BUS TO BUS	P	Q	S	TAP SETTING	RATING EXCEEDED
	2 3	1.15E-01	3.64E-02	1.21E-01	1.05E+00	
	3 2	-1.15E-01	-3.19E-02	1.19E-01		
	9 10	4.80E-03	1.30E-03	4.97E-03	1.00E+00	
	10 9	-4.80E-03	-1.20E-03	4.95E-03		
	17 18	1.92E-03	5.07E-04	1.99E-03	1.00E+00	
	18 17	-1.92E-03	-4.80E-04	1.98E-03		
	34 35	1.90E-03	5.27E-04	1.97E-03	1.00E+00	
	35 34	-1.90E-03	-5.00E-04	1.96E-03		
	73 74	2.90E-03	7.43E-04	2.99E-03	1.00E+00	
	74 73	-2.90E-03	-7.00E-04	2.98E-03		

REMOVE Ctrl PRINT SCREEN AND THEN PRESS RETURN TO CONTINUE.

CONDICIONES NORMALES

DATOS DE LAS LINEAS													RESULTADOS			
ITEM	TAG	No.	TAMAÑO	LONG (M)	NL	B _i	B _f	R /kFT	X /kFT	I(A)	R _{pu}	X _{pu}	S _{pu}	P _{pu}	Q _{pu}	S _{pu}
1	MCC002P	4	# 500 w/ # 2	32	L2	3	4	0.0265	0.0390	430	0.121	0.178	0.143	0.11500	0.03190	0.11900
2	MCC003P	4	# 350 w/ # 3	28	L3	4	5	0.0382	0.0400	280	0.152	0.159	0.093	0.05380	0.01420	0.05570
3	MCC004P	1	# 500 w/ # 2	10	L4	4	6	0.0265	0.0390	344	0.038	0.056	0.029	0.01290	0.00324	0.01330
4	TR002P	1	# 2 w/ # 6	25	L1	1	2	0.2010	0.0450	200	0.001	0.000	0.478	0.11500	0.03600	0.12100
5	P100	1	# 4 w/ # 8	200	L5	4	7	0.3210	0.0480	76	9.142	1.367	0.006	0.00101	0.00030	0.00105
6	P101	1	# 4 w/ # 8	220	L6	4	8	0.3210	0.0480	76	10.056	1.504	0.006	0.00101	0.00030	0.00105
7	P102	1	# 2/0 w/ # 6	95	L7	4	9	0.1010	0.0430	156	1.366	0.582	0.013	0.00483	0.00132	0.00501
8	P104	1	# 8 w/ # 10	50	L8	4	11	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00050	0.00010	0.00051
9	P105	1	# 10 w/ 3# 14	20	L9	4	12	1.2900	0.0500	30	3.674	0.142	0.002	0.00023	0.00006	0.00024
10	P106	1	# 8 w/ # 10	50	L10	4	13	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00101	0.00025	0.00104
11	P107	1	# 10 w/ 3# 14	140	L11	4	14	1.2900	0.0500	30	25.717	0.997	0.002	0.00020	0.00005	0.00021
12	P108	1	# 10 w/ 3# 14	150	L12	4	15	1.2900	0.0500	30	27.554	1.068	0.002	0.00020	0.00005	0.00021
13	P109	1	# 12 w/ 3# 16	160	L13	4	16	2.0500	0.0540	20	46.706	1.230	0.002	0.00012	0.00003	0.00012
14	P110	1	# 2 w/ # 6	245	L14	4	17	0.2010	0.0450	104	7.012	1.570	0.009	0.00195	0.00051	0.00201
15	P112	1	# 12 w/ 3# 16	90	L15	4	19	2.0500	0.0540	20	26.272	0.692	0.002	0.00113	0.00030	0.00117
16	P115	1	# 14 w/ 3# 18	175	L16	4	20	3.2600	0.0580	15	81.238	1.445	0.001	0.00004	0.00001	0.00004
17	P117	1	# 8 w/ # 10	40	L17	4	21	0.8090	0.0520	44	4.608	0.296	0.004	0.00335	0.00080	0.00345
18	P118	1	# 4/0 w/ # 4	140	L18	4	22	0.0626	0.0410	208	1.248	0.817	0.017	0.00503	0.00127	0.00519
19	P119	1	# 2 w/ # 6	175	L19	4	23	0.2010	0.0450	104	5.009	1.121	0.009	0.00202	0.00051	0.00208
20	P120	1	# 8 w/ # 10	45	L20	4	24	0.8090	0.0520	44	5.184	0.333	0.004	0.00101	0.00030	0.00105
21	P124	1	# 12 w/ 3# 16	145	L21	4	25	2.0500	0.0540	20	42.328	1.115	0.002	0.00116	0.00030	0.00120
22	P130	1	# 500 w/ # 2	80	L22	4	26	0.0265	0.0390	344	0.302	0.444	0.029	0.02060	0.00529	0.00213
23	P132	1	# 12 w/ 3# 16	150	L23	4	27	2.0500	0.0540	20	43.787	1.153	0.002	0.00013	0.00003	0.00013
24	P138	1	# 12 w/ 3# 16	210	L24	4	28	2.0500	0.0540	20	61.302	1.615	0.002	0.00114	0.00027	0.00117
25	P220	1	# 4/0 w/ # 4	140	L82	4	88	0.0626	0.0410	208	1.248	0.817	0.017	0.00000	0.00000	0.00000
26	P200	1	# 8 w/ # 10	50	L25	5	29	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00000	0.00000	0.00000
27	P202	1	# 10 w/ 3# 14	140	L26	5	30	1.2900	0.0500	30	25.717	0.997	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
28	P203	1	# 12 w/ 3# 16	160	L27	5	31	2.0500	0.0540	20	46.706	1.230	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
29	P204	1	# 2 w/ # 6	240	L28	5	32	0.2010	0.0450	104	6.869	1.538	0.009	0.00203	0.00051	0.00209
30	P205	1	# 10 w/ 3# 14	150	L29	5	33	1.2900	0.0500	30	27.554	1.068	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
31	P206	1	# 6 w/ # 8	50	L30	5	34	0.5100	0.0510	60	3.631	0.363	0.005	0.00191	0.00053	0.00199
32	P208	1	# 10 w/ 3# 14	20	L31	5	36	1.2900	0.0500	30	3.674	0.142	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
33	P139	1	# 12 w/ 3# 16	80	L32	5	37	2.0500	0.0540	20	23.353	0.615	0.002	0.00124	0.00030	0.00127
34	P212	1	# 8 w/ # 10	30	L33	5	38	0.8090	0.0520	44	3.456	0.222	0.004	0.00273	0.00070	0.00282
35	P213	1	# 8 w/ # 10	30	L34	5	39	0.8090	0.0520	44	3.456	0.222	0.004	0.00273	0.00070	0.00282
36	P214	1	# 4 w/ # 8	230	L35	5	40	0.3210	0.0480	76	10.513	1.572	0.006	0.00132	0.00030	0.00135
37	P216	1	# 8 w/ # 10	75	L36	5	41	0.8090	0.0520	44	8.640	0.555	0.004	0.00121	0.00031	0.00125
38	P217	1	# 8 w/ # 10	50	L37	5	42	0.8090	0.0520	44	5.760	0.370	0.004	0.00000	0.00000	0.00000
39	P218	1	# 14 w/ 3# 18	175	L38	5	43	3.2600	0.0580	15	81.238	1.445	0.001	0.00000	0.00000	0.00000
40	P219	1	# 2 w/ # 6	175	L39	5	44	0.2010	0.0450	104	5.009	1.121	0.009	0.00000	0.00000	0.00000
41	P221	1	# 8 w/ # 10	35	L40	5	45	0.8090	0.0520	44	4.032	0.259	0.004	0.00000	0.00000	0.00000
42	P222	2	# 4/0 w/ # 4	210	L41	5	46	0.0626	0.0410	208	1.872	1.226	0.035	0.01550	0.00408	0.01600
43	P271	1	# 12 w/ 3# 16	150	L42	5	47	2.0500	0.0540	20	43.787	1.153	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
44	P226	1	# 350 w/ # 3	225	L43	5	48	0.0382	0.0400	280	1.224	1.282	0.023	0.01050	0.00275	0.01090
45	P228	1	# 12 w/ 3# 16	80	L44	5	49	2.0500	0.0540	20	23.353	0.615	0.002	0.00040	0.00010	0.00042
46	P235	1	# 8 w/ # 10	25	L45	5	50	0.8090	0.0520	44	2.880	0.185	0.004	0.00171	0.00040	0.00176
47	P270	1	# 6 w/ # 8	220	L46	5	51	0.5100	0.0510	60	15.977	1.598	0.005	0.00012	0.00003	0.00012
48	P272	1	# 8 w/ # 10	220	L47	5	52	0.8090	0.0520	44	25.344	1.629	0.004	0.00020	0.00005	0.00021
49	P311	1	# 4 w/ # 8	170	L48	5	53	0.3210	0.0480	76	7.771	1.162	0.006	0.00000	0.00000	0.00000
50	P312	1	# 4 w/ # 8	170	L49	5	54	0.3210	0.0480	76	7.771	1.162	0.006	0.00000	0.00000	0.00000
51	P313	1	# 12 w/ 3# 16	200	L50	5	55	2.0500	0.0540	20	58.383	1.538	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
52	P314	1	# 10 w/ 3# 14	200	L51	5	56	1.2900	0.0500	30	36.739	1.424	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
53	P315	1	# 8 w/ # 10	200	L52	5	57	0.8090	0.0520	44	23.040	1.481	0.004	0.00000	0.00000	0.00000
54	P316	1	# 12 w/ 3# 16	200	L53	5	58	2.0500	0.0540	20	58.383	1.538	0.002	0.00000	0.00000	0.00000
55	P317	1	# 2 w/ # 6	230	L54	5	59	0.2010	0.0450	104	6.583	1.474	0.009	0.00000	0.00000	0.00000
56	P321	1	# 4 w/ # 8	160	L55	5	60	0.3210	0.0480	76	7.314	1.094	0.006	0.00193	0.00050	0.00199
57	P322	1	# 4 w/ # 8	160	L56	5	61	0.3210	0.0480	76	7.314	1.094	0.006	0.00193	0.00050	0.00199
58	P323	1	# 12 w/ 3# 16	190	L57	5	62	2.0500	0.0540	20	55.464	1.461	0.002	0.00020	0.00005	0.00021

ANEXOS

CONDICIONES NORMALES

B#	DATOS								RESULTADOS				
	P	Q	KVA	P pu	Q pu	S pu	Vpu	Descripción	Z	Vpu	Ppu	Qpu	Spu
1							1.00	INFINITA		1.000	0.1150	0.0362	
2							1.00	TRAFO	Z= 4%	1.000			
3			1288.00			0.1288	1.05	TRAFO	Zn= 0.311 pu	1.040	0.0050	0.0362	0.1210
4								-		1.020			
5								-		1.010			
6								-		1.020			
7	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.010			
8	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.010			
9								TRAFO 75	Z= 3.2%	1.010	0.0048	0.0013	0.0050
10	0.0480	0.0120	60.00	0.0048	0.0012	0.0060		TRAFO 75	Zn= 4.267 pu	1.010			
11	0.0050	0.0012	6.20	0.0005	0.0001	0.0006		CARGA		1.020			
12	0.0023	0.0006	2.90	0.0002	0.0001	0.0003		CARGA		1.020			
13	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.010			
14	0.0019	0.0005	2.40	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
15	0.0019	0.0005	2.40	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
16	0.0012	0.0003	1.50	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
17								TRAFO 30	Z= 2.1%	1.010	0.0019	0.0005	0.0020
18	0.0192	0.0048	24.00	0.0019	0.0005	0.0024		TRAFO 30	Zn= 7.000 pu	1.000			
19	0.0106	0.0027	13.30	0.0011	0.0003	0.0013		CARGA		0.991			
20	0.0004	0.0001	0.50	0.0000	0.0000	0.0001		CARGA		1.020			
21	0.0333	0.0083	41.60	0.0033	0.0008	0.0042		CARGA		1.000			
22	0.0500	0.0125	62.50	0.0050	0.0013	0.0063		CARGA		1.010			
23	0.0195	0.0049	24.40	0.0020	0.0005	0.0024		CARGA		1.010			
24	0.0100	0.0025	12.50	0.0010	0.0003	0.0013		CARGA		1.010			
25	0.0106	0.0027	13.30	0.0011	0.0003	0.0013		CARGA		0.972			
26	0.2048	0.0512	256.00	0.0205	0.0051	0.0256		CARGA		1.010			
27	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
28	0.0106	0.0027	13.30	0.0011	0.0003	0.0013		CARGA		9.510			
29	0.0090	0.0022	11.20	0.0009	0.0002	0.0011		CARGA		1.010			
30	0.0037	0.0009	4.66	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		1.010			
31	0.0022	0.0006	2.80	0.0002	0.0001	0.0003		CARGA		1.010			
32	0.0199	0.0050	24.90	0.0020	0.0005	0.0025		CARGA		0.995			
33	0.0037	0.0009	4.66	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		1.010			
34								TRAFO 30	Z= 2.1%	1.000	0.0019	0.0005	0.0020
35	0.0192	0.0048	24.00	0.0019	0.0005	0.0024		TRAFO 30	Zn= 7.000 pu	0.999			
36	0.0042	0.0010	5.20	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		1.010			
37	0.0120	0.0030	15.00	0.0012	0.0003	0.0015		CARGA		0.981			
38	0.0266	0.0067	33.30	0.0027	0.0007	0.0033		CARGA		1.000			
39	0.0266	0.0067	33.30	0.0027	0.0007	0.0033		CARGA		1.000			
40	0.0133	0.0033	16.60	0.0013	0.0003	0.0017		CARGA		0.996			
41	0.0120	0.0030	15.00	0.0012	0.0003	0.0015		CARGA		0.999			
42	0.0199	0.0050	24.90	0.0020	0.0005	0.0025		CARGA		1.010			
43	0.0007	0.0002	0.90	0.0001	0.0000	0.0001		CARGA		1.010			
44	0.0351	0.0088	43.90	0.0035	0.0009	0.0044		CARGA		1.010			
45	0.0160	0.0040	20.00	0.0016	0.0004	0.0020		CARGA		1.010			
46	0.1504	0.0376	188.00	0.0150	0.0038	0.0188		CARGA		0.976			
47	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
48	0.1040	0.0260	130.00	0.0104	0.0026	0.0130		CARGA		0.994			
49	0.0037	0.0009	4.66	0.0004	0.0001	0.0005		CARGA		1.000			
50	0.0166	0.0042	20.80	0.0017	0.0004	0.0021		CARGA		1.000			
51	0.0012	0.0003	1.50	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
52	0.0019	0.0005	2.40	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		1.000			
53	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		1.010			
54	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		1.010			
55	0.0018	0.0005	2.30	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
56	0.0031	0.0008	3.90	0.0003	0.0001	0.0004		CARGA		1.010			
57	0.0047	0.0012	5.90	0.0005	0.0001	0.0006		CARGA		1.010			
58	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.010			
59	0.0269	0.0067	33.60	0.0027	0.0007	0.0034		CARGA		1.010			
60	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		0.995			
61	0.0187	0.0047	23.31	0.0019	0.0005	0.0023		CARGA		0.995			
62	0.0018	0.0005	2.30	0.0002	0.0000	0.0002		CARGA		0.999			
63	0.0031	0.0008	3.90	0.0003	0.0001	0.0004		CARGA		0.999			
64	0.0047	0.0012	5.90	0.0005	0.0001	0.0006		CARGA		0.999			
65	0.0013	0.0003	1.60	0.0001	0.0000	0.0002		CARGA		1.000			
66	0.0269	0.0067	33.60	0.0027	0.0007	0.0034		CARGA		0.991			
67	0.0044	0.0011	5.50	0.0004	0.0001	0.0006		CARGA		1.010			

