



CONTROL AUTOMATICO DE CORTE Y RECONEXION DE SUMINISTROS ELECTRICOS RESIDENCIALES

Ing. Sandro Contreras Egas
ELECTROCENTRO S.A.

Ing. Joaquín Yauri Tunque
Ing. Edgard Oporto Díaz
Ing. Nelson Huamaní Villalva
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA

RESUMEN

En la actualidad, bajo el marco de la “Calidad de los Servicios Eléctricos”, las empresas de servicio eléctrico carecen de un procedimiento adecuado para el control de los suministros eléctricos industriales, comerciales y residenciales; un proceso común en la gestión y manejo de suministros eléctricos es el ***corte y reconexión del servicio***. El corte se debe principalmente, entre otros, a la no cancelación oportuna de las facturas por el servicio prestado. La reconexión es el proceso posterior a la cancelación de las deudas pendientes.

El corte y reconexión se realiza hoy en día en forma manual y luego de un período de tiempo (a veces prolongado) implicando en muchos casos perdidas para la Empresa y los clientes. Los costos de este proceso no son asumidos completamente por el cliente; además de la pérdida de oportunidad en la venta de energía mientras dure el corte de suministro. Según las “Normas Técnicas de Calidad de los Servicios Eléctricos” las empresas eléctricas son merecedoras de severas multas por el tiempo que el cliente sufre el corte injustificado del servicio.

El presente trabajo plantea un sistema capaz de realizar automáticamente, el corte y reconexión de los suministros sin necesidad de movilizar personal y a costos realmente bajos. El corte es realizado en forma automática e instantánea al cumplirse la fecha de vencimiento, debido a su capacidad de interconexión con los sistemas de información comercial (facturación). En forma similar, al efectuarse la cancelación de las deudas el sistema reconecta automáticamente el servicio.

INTRODUCCION

El presente trabajo tiene por propósito el diseño e implementación del prototipo de un sistema capaz de efectuar en forma automática el corte y reconexión de los suministros eléctricos residenciales. Con este sistema se pretende reducir los costos generados por este proceso cuando se desarrolla en forma tradicional y mejorar también la calidad del servicio hacia el cliente.

El sistema es capaz de generar señales de control desde una computadora y enviarlos a través de la red (similar al sistema de la onda portadora). Mediante estas señales se controlará en forma remota el corte y/o reconexión de los suministros; todo el proceso es realizado por una computadora mediante software y circuitos electrónicos diseñados para el caso.

Cabe recalcar que el sistema propuesto en el presente trabajo es, por el momento, un prototipo aplicable solo a zonas urbanas con una densidad media de suministros y está sujeto a modificaciones según el medio en el que se emplee; en el futuro se mejorará para su mejor adaptación a la zona de influencia de la Empresa ElectroCentro S.A.



EL SISTEMA ELECTRICO DE DISTRIBUCION

Para evitar confusiones, definiremos algunos conceptos relacionados con las centrales eléctricas, para lo que utilizaremos las definiciones expresadas en el Vocabulario Electrotécnico Internacional.

Llamaremos *central eléctrica* al conjunto de máquinas motrices generadores, aparatos de maniobra y protección, etc., que sirven para la producción de energía eléctrica. En realidad, el nombre de “central eléctrica”, es la abreviación de *central generadora de energía eléctrica* lo que hay que tener en cuenta para evitar confusiones con otros conceptos relacionados.

Se llama *subestación de distribución eléctrica*, al conjunto de aparatos y dispositivos de transformación, conversión y distribución de energía eléctrica, instalados en un edificio o al aire libre y cuya misión es alimentar una red eléctrica.

El *suministro de energía eléctrica* que se efectúa en la actualidad es corriente alterna trifásica a 60 Hz. Los otros tipos de corriente solamente se utilizan en casos excepcionales. En nuestras explicaciones y mientras no digamos expresamente lo contrario, nos referimos a la corriente alterna trifásica, a 60 Hz.

Para pequeños abonados e industriales, la distribución de energía eléctrica se efectúa generalmente a la tensión de 220 voltios.

Se considera *acometida* domiciliaria al punto de entrega entre la red baja tensión y la conexión eléctrica de las instalaciones del cliente. Normalmente se dispone de acometidas independientes para cada suministro; sin embargo, puede establecerse una sola acometida por edificio o grupo de suministros cuando las características lo ameritan. Las acometidas pueden ser aéreas o subterráneas.

Este equipo de medición, *Contadores de Energía*, registra la energía activa consumida por el cliente. Los contadores de energía generalmente se encuentra en una caja metálica que evita la manipulación y hurto del mismo.

ELECTROCENTRO S.A

Electrocentro S.A. es una Empresa Concesionaria de Distribución, que desarrolla sus actividades bajo el marco de la Ley de Concesiones Eléctricas D.L. 25844 y su Reglamento D.S. 009-93-EM las concesiones bajo su administración están ubicadas en los Departamentos de Ayacucho, Huánuco, Huancavelica, Junín, Pasco y Lima del Perú. El área geográfica del ámbito de influencia es de 133.3 miles de km² (10.4% de territorio nacional), con una población de 2'951'356 habitantes (12% del total nacional), atendiendo a 270,000 clientes al mes de setiembre de 1999.

Configuración Topológica del Sistema Eléctrico en ElectroCentro S.A. Unidad de Negocio Huancavelica

La configuración topológica de las redes eléctricas es predominantemente radial por la distribución y la densidad de las cargas conectadas al sistema, el 8 % de redes en baja tensión son subterráneas, especialmente en la zona céntrica de la ciudad de Huancavelica, donde se viene efectuando el reemplazo de las redes subterráneas por redes aéreas eficientes, basados en sistemas económicamente adaptados. El nivel de tensión en la zona urbana es generalmente de 10/0.23 kV con un sistema aislado, utilizando conductores de cobre forrado, del tipo WP, con disposición vertical entre fases alimentado con 58 transformadores de distribución entre trifásicos y monofásicos, estos últimos forman en algunos casos conexiones delta abierto utilizando dos transformadores monofásicos.



Los equipos de medición de los clientes finales en un 99.8% están conectados al lado de baja tensión 220 voltios y están diseñados para trabajar con una frecuencia de 60 Hz, en su mayoría son del tipo electromecánico monofásicos y trifásicos, contando con medidores electrónicos según el tipo de consumo y grado de utilización de la carga de los clientes importantes.

Sistema de Información Comercial

Este sistema comprende de un software (SICPLUS - Nuevo Sistema de Información Comercial) diseñado para trabajar con un manejador de base de datos constituido por catorce módulos comerciales, de las cuales se pueden destacar el módulo de facturación, control de pérdidas, cobranza, atención al cliente, refacturados, suscripciones nuevas y **control de morosidad**.

El número de clientes en la ciudad de Huancavelica es de 5,313. Revisando el récord de pagos y el comportamiento histórico de pagos se concluye que contamos con una cartera morosa de 300 **clientes conocidos**, a quienes se les efectúa el corte después de vencidos los dos meses de facturación más los 16 días de plazo hasta la fecha de corte, inciso a) del artículo 90° de la Ley de Concesiones Eléctricas Nro 25844 y para quienes propondremos la automatización de los cortes y reconexiones.

Control Actual de los Cortes y Reconexiones

Actualmente se viene efectuando los cortes y reconexiones en línea y en forma manual, movilizand o el siguiente equipamiento técnico:

Unidades móviles	02
Técnico chofer (empresa y/o terceros)	02
Técnico tercero	02
Escaleras de fibra de vidrio de 02 cuerpos mínimo	02
Radios portátiles	02
Implementos de seguridad y herramientas menores	Varios

El costo total para efectuar los 300 cortes mensuales en estas condiciones técnico económicas cuesta actualmente \$ 1,815 Dólares Americanos al mes, considerando que los gastos en que se incurren para efectuar el corte y la reconexión asciende a \$ 6.05 Dólares Americanos por cliente. El importe por este concepto lo determina la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas, a pedido sustentado de las Empresas Eléctricas dedicadas a las actividades de distribución de energía eléctrica ELECTROCENTRO S.A. factura por corte y reconexión \$ 6.05 Dólares Americanos importe que no cubre los gastos efectuados para atender este rubro especialmente en zonas rurales.

A estos problemas financieros se le suma la energía (kWh) dejada de vender por el tiempo que transcurre entre el pago de la factura por el cliente, hasta la reconexión física del suministro, que en muchos casos supera las 48 horas, cuyas pérdidas económicas están en función directa al consumo promedio del cliente afectado; pérdidas de horas trabajadas en la atención innecesaria de los reclamos derivados por reconexiones no atendidas oportunamente y las posibles multas que impondría la autoridad "OSINERG".

Se viene implementando en la base de datos del sistema de información comercial, la identificación de fases de conexión del equipo de medición tanto de los suministros monofásicos o trifásicos considerando sus múltiples aplicaciones en la gestión comercial, entre ellos el envío de señales de frecuencia a través de las fases conocidas, condición fundamental para el funcionamiento del presente trabajo.



EL SISTEMA DE CONTROL

GENERALIDADES

Se puede aprovechar la red de distribución de energía eléctrica residencial para transmitir, en forma superpuesta a la señal de red (60 Hz), señales de baja amplitud y alta frecuencia (similar a la llamada onda portadora). De esta forma es factible el envío de señales de control que permitan manipular dispositivos que activen y desactiven el suministro eléctrico. La señal de red (220V/60Hz) se modula en amplitud instantáneamente con una señal de control de bajo nivel de tensión (2V aproximadamente) a una frecuencia determinada de tal manera que viaje a través de las líneas de distribución eléctrica hasta la acometida del suministro que se desee controlar, siempre en cuando cada suministro tenga asignada una determinada frecuencia de control local que la distinga de los demás.

CONCEPTOS BASICOS

Para entender con facilidad el sistema es necesario relacionarse con algunos términos que serán utilizados con regularidad

Acceso (port)

El terminal de entrada o salida de un circuito o componente.

Alta frecuencia

Frecuencias comprendidas entre 100 kHz y 30 000 kHz.

Analógico

Término usado en sistemas de cálculo, que significa que un sistema opera con números representados por magnitudes medibles directamente.

Ancho de banda (bandwidth)

Ancho de frecuencia de un circuito o componente, como un filtro de paso de banda o un circuito sintonizado. Generalmente se mide en los puntos de potencia mitad de la curva de respuesta.

Armónico (harmonic)

Todo múltiplo entero de una frecuencia fundamental.

Atenuación (attenuation)

Es la pérdida que sufren las ondas eléctricas en su propagación.

Biestable (flip-flop)

Circuito o cualquier montaje activo que puede adoptar uno de dos estados estables en un momento determinado, según la naturaleza de la señal de entrada.

Calibración (calibration)

Proceso mediante el cual las indicaciones de un equipo de medida se traducen a unidades absolutas referidas a uno o más patrones.

Carga (load)

Circuito o componente que disipa potencia.

**Decodificador (decoder)**

Componente o circuito que transforma una combinación de señales a una única señal que representa a la combinación.

Demodulación (demodulator)

Proceso que consiste en separar la moduladora de la onda portadora mediante detectores o demoduladores.

Estabilidad de frecuencia

Característica que tiene un oscilador de mantener la misma frecuencia estando sujeto a cambios de carga, variaciones de la tensión, alimentación, calor, humedad, etc.

Frecuencia

Es el número de ciclos por segundo. Su unidad es el hertzio (Hz).

Interferencia

Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada.

Línea de transmisión

Uno o más conductores utilizados para llevar la energía de C.A. de un punto a otro.

Modulación

Modificación de alguno de los parámetros que definen una onda portadora (amplitud, frecuencia, fase), por una señal moduladora que se quiere transmitir (voz, vídeo, datos).

Modulación de amplitud

Sistema de modulación en el que se modifica el valor de la amplitud de una onda portadora, conforme al valor instantáneo de la señal moduladora que se quiere transmitir. Con frecuencia se expresa como "AM".

Modulación de frecuencia

Sistema de modulación en el que la señal moduladora modifica el valor instantáneo de la frecuencia de la señal portadora. Se expresa normalmente como "FM".

Modulador

Equipo y/o dispositivo que modifica alguna característica de una señal para su posterior transmisión.

Receptor (receiver)

Instrumento electromagnético que capta señales de baja intensidad y las convierte en señales de intensidad suficiente para excitar un registrador, trazador u otro dispositivo.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El principio básico del sistema es la transferencia de señales eléctricas (señal de control) con características peculiares de tensión y frecuencia desde un emisor hacia un receptor establecido. El emisor estará ubicado en un lugar lo menos distante al computador que gestiona el software de control y a una subestación de transformación eléctrica (media tensión/baja tensión). Por su parte el receptor se ubicara lo más cercanamente posible al contador de energía (por ser un lugar seguro) de cada suministro.



Con excepción de la señal de control de grupo (puerta), las señales de control viajan desde el emisor hasta el receptor por un medio físico, que para el caso serán las propias líneas de distribución de energía evitando así medios de transmisión adicionales. Esta posibilidad implica que se pueda controlar todos los suministros conectados a una misma fuente de generación eléctrica, además la posibilidad de realizar el proceso de control en tiempo real.

El sistema de control es medianamente compleja, donde se puede distinguir 3 etapas muy bien definidas:

- Etapa de procesamiento de información del estado de suministros.
- Etapa de generación y emisión de las señales de control.
- Etapa de recepción y accionamiento (corte y reconexión).

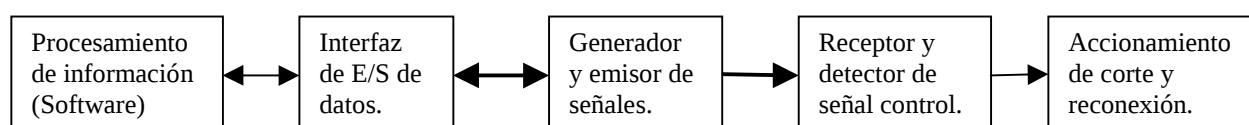


Figura 1. Etapas del sistema de control

Para una mejor explicación dividiremos el sistema en los siguientes módulos funcionales:

- Procesamiento de Información y Codificación.
- Interface de entrada y salida de datos.
- Generación de Señales de Control
- Modulo de Potencia (inyector de señales)
- Modulo de Transmisión (puertas)
- Detección y decodificación de Señal de Control.
- Modulo de Corte o Reconexión

Procesamiento de Información y Codificación.

Compuesto principalmente por el Sistema de Control de Corte y Reconexión de Suministros Eléctricos (SICCOR) que se encarga de procesar la información que le brinda el Sistema de Información Comercial (SICPLUS) a través de su base de datos (DBF-SICPLUS); el resultado del proceso determina los suministros que están afectos a corte y aquellos que deben ser reconectados; también determina las fases (R, S, T, N) por donde se debe inyectar la señal a la red de distribución de energía eléctrica. Todo las ocurrencias son almacenadas en una base de datos interna (DBF-SICCOR) para posteriores procesos.

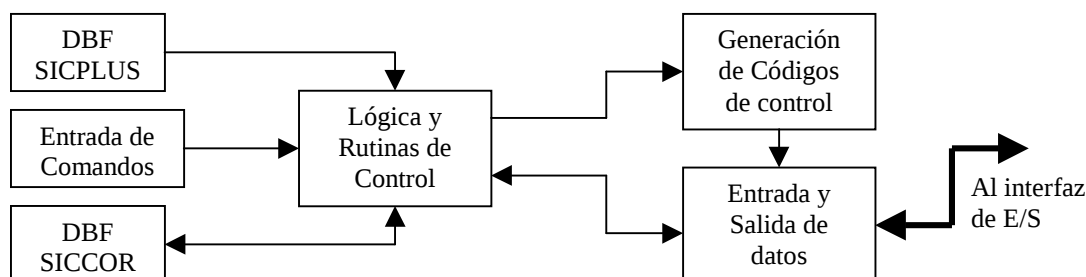


Figura 2. Procesamiento de Información y codificación.



Una de las tareas del SICPLUS es registrar en una Base de Datos la cancelación de los recibos de consumo de energía. La DBF-SICPLUS, otorga al SICCOR, la información de todos los suministros afectos a corte después de la fecha de vencimiento de los recibos de pago. Con los datos obtenidos de la DBF-SICPLUS y los datos internos de la DBF-SICCOR, mediante una rutina específica se realiza un proceso de codificación de los suministros afectos a corte; esta codificación se envía a través de la interfaz de salida de datos hacia el siguiente módulo para generar las señales de control respectivas. En forma paralela a los códigos de frecuencia se envían las señales para la selección de fases por donde se enviará la señal de control.

DBF SICPLUS

Es la base de datos de Sistema de Información Comercial (SICPLUS, desde allí se obtiene información acerca del estado de los suministros (corte, reconexión, nuevos suministros, etc.) además de algunos datos necesarios como: fecha de vencimiento de recibos de pago por consumo, fases de conexión de suministros, códigos de distribución, etc.

DBF SICCOR

Base de Datos Interna del Sistema de Control de Corte y Reconexión de Suministros Eléctricos (SICCOR), contiene todos los datos referentes al proceso actual de control (suministros actuales en corte, suministros reincidentes al corte, Histórico de suministros que alguna vez fueron cortados, códigos de distribución, se almacena también todos las ocurrencias del proceso de control (Fecha y hora de los procesos de corte y reconexión por cada suministro eléctrico; fecha hora y duración de interrupción total o parcial del suministro de energía eléctrica por subestaciones). Además de los datos descritos administra los materiales e insumos diversos empleados en el proceso propio de control (características técnicas del emisor, receptor, dispositivos y módulos involucrados en el proceso de control, periodos probables de mantenimiento).

ENTRADA DE COMANDOS

Compuesto principalmente por el entorno con el Operador; es la forma como el operador interactúa con el sistema de control. Para iniciar una sesión con el sistema es necesario pasar el nivel de seguridad que permite acceder a una de las tres formas de acceso: Administrador Supervisor, y Operador.

Nivel Administrador

Tiene todos los derechos sobre el sistema, es el único que puede modificar en forma completa las rutinas y lógicas de control del sistema, define y otorga los derechos al supervisor y a los operadores. Por razones de seguridad y para evitar conflictos en el sistema, solo es posible la existencia de un Administrador.

Nivel Supervisor

Es el responsable de los procesos de control; tiene derechos restringidos sobre el sistema, puede modificar algunas rutinas de control y la totalidad de los parámetros de las rutinas y lógicas de control del sistema; define y otorga los derechos a los operadores; realiza el planeamiento de control. Es posible la existencia de varios supervisores según se requiera.

Nivel de operador

Encargado de realizar los procedimientos cotidianos del proceso de control, sus tareas más comunes son: reiniciar el sistema si fuera necesario, realizar el test del programa, monitorear el proceso, ejecutar el corte o reconexión de suministros en forma manual mediante comandos, solucionar dificultades comunes que se pudieran presentar en el sistema, en coordinación con el supervisor gestionar la localización y solución de problemas técnicos que se pudieran presentar, generar los reportes e informes de las ocurrencias del proceso.



Observaciones:

- Para el acceso al sistema es necesario el ingreso de una clave de seguridad diferente para cada Operador, para los Supervisores y para el Administrador.
- La presencia del Administrador es necesario solo en casos excepcionales en que se necesite modificación de la estructura básica del sistema de control, esto es generalmente cuando se implementa el sistema en un medio con características peculiares y diferentes al sistema eléctrico de referencia (topología, nivel de tensión, frecuencia de red, etc.)
- Una vez realizado el planeamiento del proceso de control, el sistema está diseñado para realizar todos los procesos de control en forma automática, incluso cuando exista una interrupción no prevista en el sistema de distribución eléctrica. Por tal motivo no se requiere la presencia del operador en forma continua.
- Todos los comandos de control se presentan en un entorno integrado que facilita la interacción con el operador.

LOGICA Y RUTINAS DE CONTROL

Es la unidad más importante del proceso de control; gestiona el flujo de datos, realiza el procesamiento de toda la información que se recibe de: DBF-SICPLUS, DBF-SICCOR, Entrada de Comandos e interfaz de E/S de datos.

Aquí se determina la lista de suministros afectos a corte y de aquellos que serán reconectados; envía la información para generar: el código de grupo (para habilitar la puerta donde se encuentra el suministro a controlar), código de fase (para determinar las fases por donde se enviará la señal de control), código de suministro (para realizar el corte o reconexión del suministro) y código de inicialización (para la inicialización automática del proceso de corte y reconexión después de una interrupción de suministro de energía). Además ejecuta los comandos suministrados por el operador, genera reportes e informes, etc.

El SICCOR cuenta con muchas rutinas de control, la explicación detallada de cada una sería muy tediosa. En seguida se describe en forma resumida los algoritmos de las dos rutinas más importantes del SICCOR:

Algoritmo de la rutina de corte y reconexión (para un suministro):

- 1) Inicio
- 2) Leyendo datos del DBF-SICPLUS
- 3) Leyendo datos del DBF-SICCOR
- 4) Determinando suministros que están actualmente en corte
- 5) Generando lista de suministros afectos a reconexión
- 6) Si lista vacía o final de lista saltar al paso (10)
- 7) Enviando información para generar código de grupo
- 8) Enviando información para generar código de fases
- 9) Enviando información para generar código de suministro
- 10) Generando lista de suministros afectos a corte
- 11) Si lista vacía o final de lista saltar al paso (15)
- 12) Enviando información para generar código de grupo
- 13) Enviando información para generar código de fases
- 14) Enviando información para generar código de suministro
- 15) Generando Reporte
- 16) Fin



Algoritmo de la rutina de reinicialización automática (para un suministro):

- 1) Inicio
- 2) Leyendo datos del interfaz de E/S
- 3) Determinando grupos (puerta) que sufrieron interrupción de energía eléctrica.
- 4) Leyendo datos del DBF-SICCOR
- 5) Enviando información para generar código de grupo
- 6) Enviando información para generar código de inicialización
- 7) Determinando suministros que están en corte
- 8) Generando lista de suministros actualmente en corte
- 9) Si lista vacía o final de lista saltar al paso (13)
- 10) Enviando información para generar código de grupo
- 11) Enviando información para generar código de fases
- 12) Enviando información para generar código de suministro
- 13) Generando Reporte
- 14) Fin

Los proceso se repiten para todos los suministros, en bloques con fases de conexión idénticas y grupo de control (puerta) común; esto proporciona mayor velocidad en el control de los suministros, siendo la velocidad de control para un suministro del orden de los milisegundos (ms).

GENERACIÓN DE LOS CÓDIGOS DE CONTROL

Con la información enviada por la unidad *Lógica y de Rutinas de Control* se procede a generar los códigos de control, el orden en que se genera los códigos es generalmente en el orden descrito.

Entre los códigos de control de distinguen:

Código de Grupo.

Código de Fase.

Código de suministro.

Código de Inicialización.

Código de Grupo.

Determina en que grupo se encuentra el suministro, habilita o deshabilita una puerta por donde necesariamente pasara la señal de control, esta técnica facilita el control de un numero muy grande de suministros. No puede existir 2 códigos de grupo idénticos en un mismo sistema eléctrico.

Código de Fase.

La señal de control solo se transmite por dos fases indistintamente. El código de fase determina dos de las fases por donde se enviará la señal de control, estas fases son las mismas a las que está conectado la acometida del suministro a ser controlado. En caso de los suministros trifásicos solo se tomara 2 fases para la transmisión de la señal. Estos códigos son inherentes a cada suministro, dos o mas suministros pueden tener el mismo código de fase en el mismo grupo, es por esto que se subgrupan para su control.

Código de suministro.

Determina el suministro que se desea controlar es decir el que será cortado o reconectado. Los códigos de suministro generalmente pueden repetirse en diferentes grupos mas no así en el mismo grupo al que están conectados

Código de Inicialización.

Es un código único que permite poner en estado de reconexión a todos los suministros sin excepción, este código se genera y envía en casos excepcionales (después de una interrupción de energía eléctrica, cuando se desee hacer pruebas en el sistema, etc.)



INTERFAZ DE ENTRADA Y SALIDA DE DATOS

La computadora realiza completamente el control del corte y reconexión de los suministros, el software diseñado debe estar en la posibilidad de interactuar con el exterior para cumplir con este propósito. La interfase podría ser mediante el puerto paralelo, el puerto serial o bien diseñando una tarjeta de propósito especial.

Se optó por la última opción debido a las limitaciones del puerto paralelo de la impresora y las desventajas y complejidad de la comunicación serial. La tarjeta de interfase que se describe en esta sección es bastante simple pero a su vez sumamente práctica y funcional debido a que está diseñada según los requerimientos del sistema. En la misma tarjeta de interfase se ha considerado también un circuito contador/temporizador utilizado como generador de frecuencias. A continuación se describe con cierto detalle las características de esta tarjeta que consta de dos bloques funcionales:

1.- Buffers y decodificación.- Los buffers aíslan las líneas del computador de los circuitos y señales externas conectadas a la tarjeta. Se aíslan los buses de datos, dirección y control. El decodificador de direcciones pone a disposición un rango de puertos de E/S para el sistema.

2.- Generador de frecuencias.- Generar las señales, a la frecuencias requeridas, para cada suministro. Se emplea el circuito integrado 8253 de la compañía Intel.

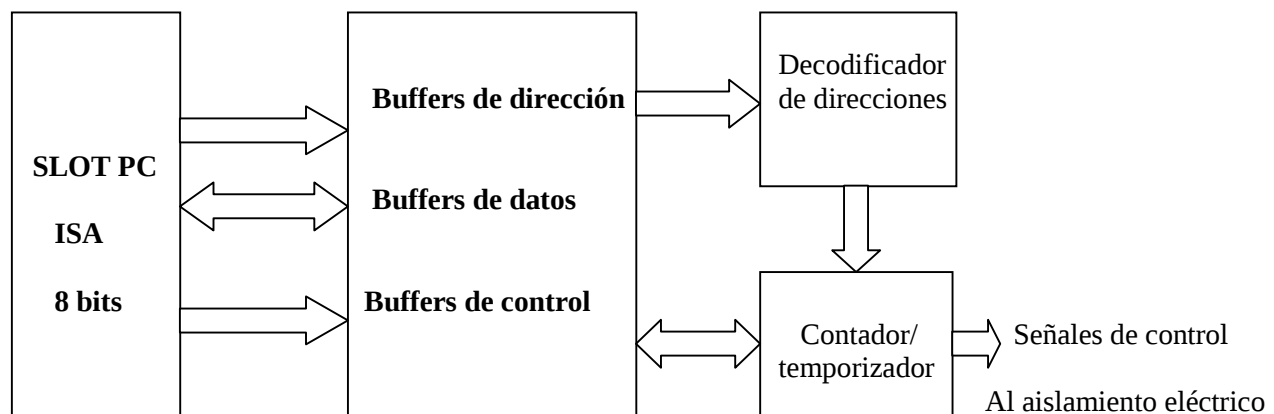


Figura 3. Interfaz de entrada/salida de datos

La tarjeta está pensada para su conexión a un slot de expansión de la PC del tipo ISA de 8 bits de datos.

Generación de Señales de Control

Se encarga de traducir los códigos enviados a señales de control. Aquí se convierte el código binario enviado por la computadora en una señal de frecuencia o de nivel de voltaje, también se realiza la detección automática de la interrupción en el servicio eléctrico enviando una señal a la computadora.

Todo el procedimiento se realiza mediante circuitos electrónicos diseñado para tal efecto. Para evitar daños permanentes, esta etapa esta aislado eléctricamente tanto de la computadora como de la etapa de potencia. El discriminador de código diferencia los diferentes códigos recibidos de la siguiente manera:

- (a) Si es Código de Grupo lo envía hacia el generador de señales de frecuencia.
- (b) Si es Código de Fase lo envía al generador de señales de voltaje.
- (c) Si es Código de suministro lo envía hacia el generador de señales de frecuencia.
- (d) Si es Código de Inicialización lo envía hacia el generador de señales de frecuencia.

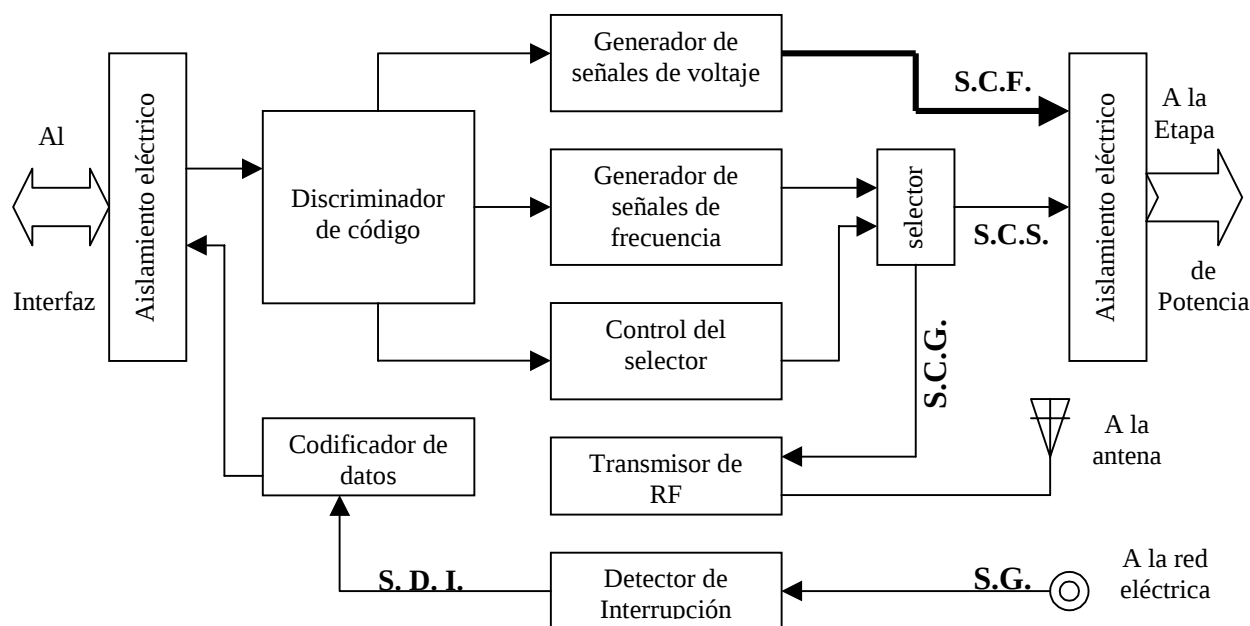


Figura 4. Generación de Señales de Control

Además para cada caso se envía una señal adicional al control de selector el cual responde de la siguiente manera.

- (a) Si es Código de Grupo el selector conmuta a **S.C.G.**
- (b) Si es Código de Fase el selector se encuentra en neutro (el selector no conmuta).
- (c) Si es Código de suministro el selector conmuta a **S.C.S.**
- (d) Si es Código de Inicialización el selector conmuta a **S.C.S.**

Inicialmente se genera un señal de control de grupo, después, al generarse una señal de voltaje (control de fase), este permanece hasta enviarse todas las señales de control a los suministros con el mismo código de fase, luego se genera otra señal de control de fase; cuando se envía todas las señales de fase se envía una nueva señal de control de grupo y se repite el proceso hasta terminar con todos los grupos.

Cuando el conmutador conmuta a **S.C.S.** las señales de frecuencia pasan mediante el aislamiento eléctrico a la etapa de potencia y luego son transmitidos mediante las redes eléctricas hacia el suministro que se desea controlar. Si el conmutador se encuentra en **S.C.G.**, la señal de control se envía a través del transmisor de radio frecuencia hacia la puerta que habilita el grupo a ser controlado.

DETECTOR DE INTERRUPCIÓN

El proceso de detección de interrupción en los grupos (Subestaciones de Distribución), se realiza enviando una señal de control de grupo **S.C.G.** (modulada en amplitud por el transmisor de Radio Frecuencia) a la puerta de paso del grupo, estas puertas poseen un mecanismo de respuesta inmediata generando una señal de frecuencia particular **S.G.**, que retorna al emisor a través de las líneas de distribución. Si el Detector de Interrupción no detecta la respuesta de la puerta, significa que dicho grupo (subestación de distribución) sufre una interrupción de energía; entonces se genera la señal de interrupción **S.D.I.** que se envía a la computadora. Después que se detecta una interrupción se realiza el monitoreo repetitivo de todos los grupos hasta que se reestablezca la energía. Luego se ejecutará la rutina de reinicialización automática para cada grupo afectado. La señal **S.C.G.**



La señal **S.C.G.** se envía por radio para asegurar que la señal llegue a la puerta y evitar errores en la detección, aun si el grupo sufre una interrupción del suministro eléctrico o hayan cortado las líneas de transmisión. Si un grupo se encuentra con interrupción de energía, la puerta no tendrá manera de retornar la señal de respuesta **S.G.** y se generará una señal **S.D.I.**

Modulo de Potencia (inyector de señales)

Se caracteriza generalmente porque esta compuesto por dispositivos electrónicos de potencia ya que se conecta directamente a la barra de distribución del secundario (baja tensión 220V) de la subestación de distribución mas cercano. Como se observa en la figura los datos recibidos del módulo de generación de señales son la señal de control de fase **S.C.F.** y la señal de control de suministro **S.C.S.**

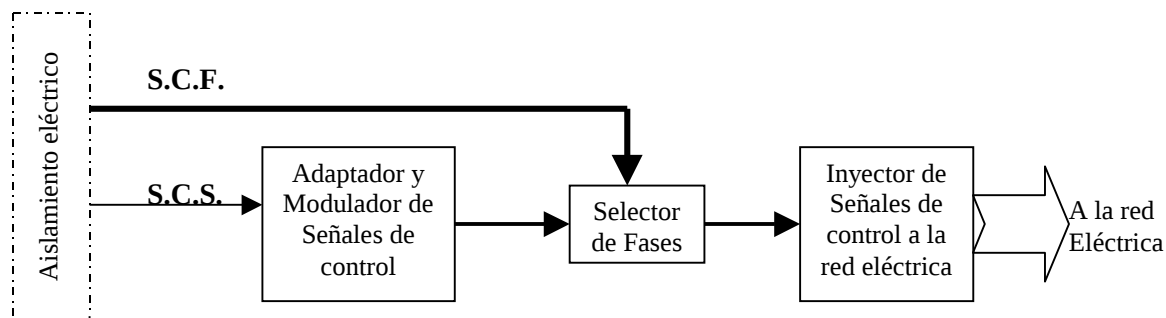


Figura 5. Modulo de Potencia

La señal **S.C.S.** es adaptada en tensión y corriente para luego ser modulada en amplitud (aproximadamente 4V PP), tomando como Onda portadora a la Señal de Red (60 Hz).

Antes de ser inyectar las señales de control a la red se determina las fases mediante las cuales se enviará la señal, solo se toman 2 fases. El selector de fase es lo suficientemente rápido para conmutar a la velocidad de cambio de frecuencias.

Modulo de Transmisión (puertas)

Para hacer mas fácil el control, los suministros se dividen en grupos gobernados por un dispositivo de pase denominado puerta (gate) generalmente los grupos deben ser determinados según la subestación de distribución común a la que están conectadas, una subestación de transformación no puede pertenecer a dos o mas grupos simultaneamente.

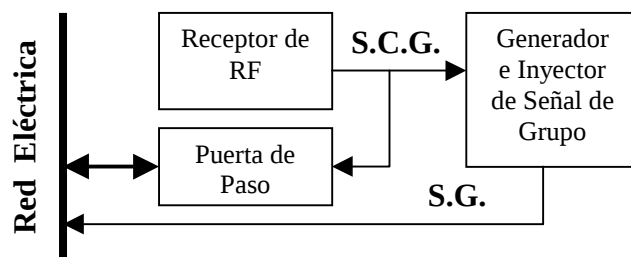


Figura 6. Modulo de Transmisión

El receptor de Radio Frecuencia (RF) recibe la señal de control de grupo y la envía al generador de señal de grupo para retornar una respuesta **S.G.** al emisor a través de la red eléctrica; también se habilita la puerta para que deje pasar la señal de control de suministro **S.C.S.** hacia los suministros. Cuando el grupo no esta habilitada, la puerta de paso suprime la señal de control, es decir, se comporta como un filtro Rechazo de Banda. Si se la habilita, no ejerce acción alguna en la señal de control y la deja pasar en forma normal.

Detección y Decodificación de Señal de Control.

Generalmente se encuentra después del contador de energía. La señal inyectada a la red es captada por una etapa previa en el receptor luego introducida a un circuito detector de tono (resonador), la señal obtenida se compara con la Frecuencia local de control asignada a cada suministro. Si la frecuencia de entrada y la frecuencia Local son iguales, el comparador envía un pulso al circuito fijador produciendo un cambio de estado (corte o reconexión). Si la frecuencia de entrada y la frecuencia Reset son iguales, el comparador envía un pulso al circuito fijador el cual producirá siempre un estado de reconexión (nivel alto). Las señales que salen del comparador duran un pequeño instante de tiempo suficiente para que el fijador la perciba.

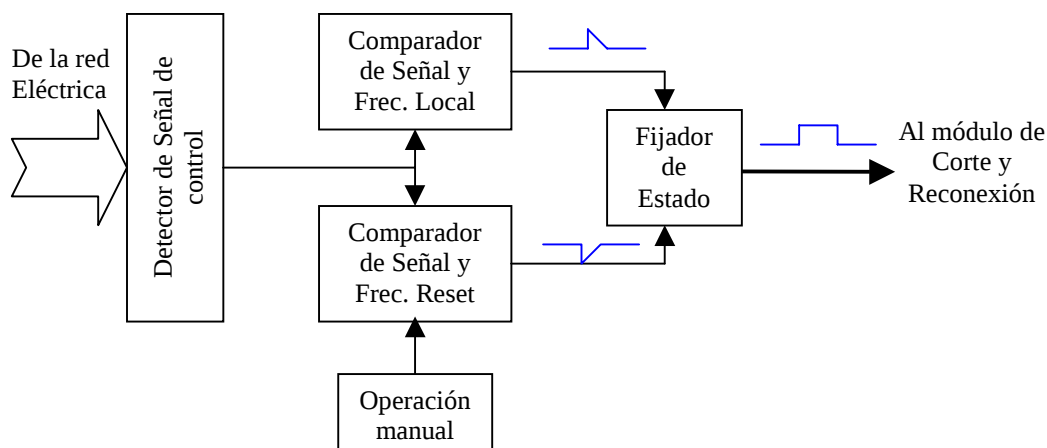


Figura 7. Detección y Decodificación de Señal de Control.

El fijador de estado produce un nivel alto (“1” lógico) que significa Reconexión o un nivel bajo (“0” lógico) que significa Corte. El nivel cambiará dependiendo de la señal que reciba de los comparadores. El ultimo nivel lógico en la salida del fijador se mantiene a pesar de que la señal de entrada desaparezca.

La operación manual se realiza en caso de averías en el sistema de control, consta de un pulsador protegido que servirá para simular las señales de control.

Modulo de Corte o Reconexión

Es el módulo final, está compuesta principalmente por un dispositivo de potencia de estado sólido, este dispositivo debe soportar corrientes superiores a los 40A (potencia instalada) suficientes como el que se consume por cliente. Cabe anotar que el circuito de recepción disipa una pequeña potencia (despreciable en relación a las pérdidas en el sistema) lo cual es una característica muy apropiada si se toma en cuenta que se quiere reducir los costos y optimizar el proceso.

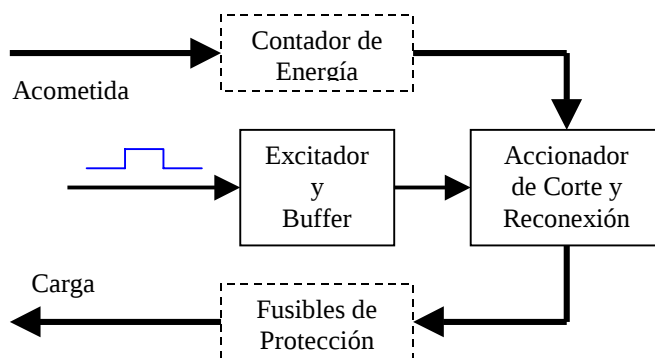


Figura 8. Modulo de Corte o Reconexión



OPERACIÓN DEL SISTEMA

Una vez instalado el sistema y determinado el planeamiento de control el sistema estará dotado para funcionar en forma correcta y automática solo se requerirá la presencia del operador en circunstancias muy particulares en el que se debe ejecutar algún comando externo o procesos manuales.

Es preferible que la computadora que ejecuta el SICCOR sea alimentado desde un UPS para asegurar el suministro de energía después de una interrupción de servicio eléctrico.

Al iniciarse el programa el sistema empezara revisando su base de datos interno, si se existe un registro de interrupción de suministro no solucionado ejecutara la rutina correspondiente, después realizará una actualización de su base de datos y un monitoreo para la detección de interrupciones.

Al terminar con el proceso anterior, el sistema lee desde la base de datos del SICPLUS al cual debe de estar enlazado a través de una red de computadoras, solicita información de la fecha de vencimiento de recibos de pago, los suministros afectos a corte, guardando una imagen en su base de datos interno. Con los datos obtenidos se procede a ejecutar la rutina respectiva. Al finalizar se genera un reporte del proceso.

Cuando un cliente cancela las deudas pendientes de pago el SICPLUS emite una llamada al SICCOR solicitando la reconexión del suministro, esto quiere decir que el SICCOR esta siempre en espera a nuevas llamadas del SICPLUS.

APLICACIONES ADICIONALES DEL SISTEMA DE CONTROL

Además de lo descrito anteriormente el sistema puede realizar funciones como:

Control Programado de Alumbrado Publico

El sistema funciona de la misma manera como se describió en los párrafos anteriores, con la diferencia de que un grupo de artefactos de iluminación se considera como un suministro el cual será tratado como tal realizando corte y reconexión para los mismos dependiendo de la programación establecida.

La rutina de Control Programado realiza el proceso con los siguientes parámetros: grupo de iluminación, fecha, hora y periodo de tiempo. Mediante el proceso se determina la hora en que se debe de encender las luminaria, hora de inicio de racionalización, hora de apagado de luminarias, etc.

Se entiende como racionalización a la forma como se alternan las luminarias (bajar el grado de iluminación) en diferentes zonas previamente establecidas.

Monitoreo de Interrupciones

Este caso ya se comento durante la descripción del sistema. Se envía señales de control a todos los grupos (subestación de distribución) el cual genera un señal de respuesta que es recepcionada por el emisor determinándose si hay o no interrupción en dicho grupo.



CONSIDERACIONES TÉCNICO LEGALES

NORMAS LEGALES

- Literal b) del Título Séptimo de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE),
- Título Quinto de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844.
- Reglamento de Ley de Concesiones Eléctricas D.S. N° 009-93-EM.

EFFECTOS DEL SISTEMA DE CONTROL EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN

- El sistema está diseñado de tal manera que se evite la generación e inyección de perturbaciones al sistema eléctrico.
- La NTCSE considera que la energía eléctrica es de mala calidad si las tensiones se encuentran fuera del rango de tolerancia establecidos ($\pm 5\%$ de la tensión nominal de servicio, 11 voltios), por un tiempo superior al 3% del período de medición, que para el caso es de 15 minutos.
- Los armónicos no deseados en el sistema eléctrico según la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, comprenden los armónicos impares que se encuentran entre la segunda y la 40° ava armónica. El sistema de control propuesto genera señales de frecuencia superiores a los 5 kHz. (aproximadamente la 83° ava armónica).
- En cuanto a la variación de voltaje según la NTCSE, se admite una tolerancia de hasta $\pm 5\%$ (11 voltios). El sistema de control propuesto genera señales con un nivel de tensión de + 2 voltios (aproximadamente 1% de la tensión nominal). Si además consideramos que la señal tiene un período de duración del orden de los milisegundos, esto no influye en el porcentaje permisible de caída de tensión.

EVALUACIÓN ECONOMICA.

Este sistema de control lo consideramos como un proyecto de inversión, teniendo en cuenta que en su primera etapa, atenderá una cartera de 300 clientes morosos conocidos, cuya inversión inicial asciende a \$ 12,120.00 Dólares Americanos.

Los resultados obtenidos muestran resultados favorables, tal como se aprecia en el cuadro del anexo N° 01, cuyo resumen es el siguiente :

Valor Actual Neto (VAN)	:	8.89
Tasa Interna de Retorno	:	11.34 %
Beneficio Costo	:	1.75
Período de Recuperación de la Inversión	:	6.74 meses



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema propuesto automatizará el procedimiento tradicional de corte y reconexión e influyendo en la reducción sustancial del costo del servicio y en la confiabilidad de operación del sistema eléctrico.
- Por su alta rentabilidad recomendamos su implementación.
- Se debe propiciar la automatización de los procesos que componen el sistema eléctrico para alcanzar una optimización mayor en cuanto al uso de recursos materiales y humanos.
- La calidad en los servicios eléctricos infiere en mejorar todos los procesos que componen el sistema, para este motivo la electrónica ofrece muchas posibilidades.
- Es posible ampliar las posibilidades del presente sistema de tal manera que no se limite únicamente al proceso de corte y reconexión sino también procesos como: monitoreo de parámetros e interrupciones, control de Alumbrado Público, entre otros.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

* **HOWARD M. BERLIN**

“Design of Phase - Locked Loop Circuits, With Experiments”

* **PETER H. ANDERSON**

“Use of a PC Printer Port for Control and Data Acquisition”

* **BREY**

“Los Microprocesadores INTEL”

* **SAVANT, J.**

" Diseño Electrónico "

* **MUNDO ELECTRONICO**

“Transductores y Medidores Electrónicos”

* **MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS**

“Normas Técnicas de Calidad en los Servicios Eléctricos”

* **GRAINGER**

"Análisis de Sistemas de Potencia"

* **CROOS**

“Sistemas de Potencia”

* **RAS**

“Redes Eléctricas y Multipolos”



Ing. Sandro Euclides Contreras Egas. Nacido en 1963 en Huancavelica – Perú. Realizo estudios Superiores en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Eléctrica (1981-1986), optando el Título de Ingeniero Electricista con Registro CIP. N° 53292 en 1997. Ha participado en el desarrollo del Valor Nuevo de Reemplazo de Distribución de Electrocentro S.A. Actualmente se desempeña como Jefe Departamento Técnico Comercial en la Unidad de Negocio Huancavelica de ELECTROCENTRO S.A. (e-mail: elhvca@lulitec.com.pe)

Ing. Joaquín Yauri Tunque .- Nacido en 1975, Huancavelica – Perú. Realizo estudios Superiores: en Computación y Sistemas en el Instituto Superior Publico de Huancavelica (1994-1997); en Ingeniería Electrónica en la Universidad Nacional de Huancavelica (1993-1998). Es autor intelectual del presente proyecto. Ha participado como expositor de diversos proyectos de investigación en diferentes eventos de carácter Nacional e Internacional, logrando méritos como: 2do puesto en el IV CONEIMERA (Arequipa, – Perú, 1997), 2do puesto en el VI CONEIMERA (Ica – Perú, 1999), 4to puesto en el INTERCON '99 (Lima – Perú, 1999), entre otros. Actualmente se desempeña como Profesor contratado en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú. (e-mail: jyaurit@yahoo.com).

Ing. Edgard Oporto Díaz .- Nacido en 1968 en Lima – Perú. Realizo estudios Superiores en la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Electrónica (1988-1993). Ha asesorado diferentes trabajos de investigación desarrollados en la Universidad donde labora. Actualmente se desempeña como Director del Centro de Computo e Informática y Coordinador de la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú. (e-mail: eoportod@inictel.gob.pe).

Ing. Nelson Huamaní Villalva. Nacido en 1968 en Huancavelica – Perú. Realizo estudios Superiores en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Eléctrica (1987-1991). Ha participado en la organización de Seminarios Regionales y en la Ejecución de Proyectos Eléctricos. Actualmente se desempeña como Profesor Contratado en la Facultad de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Huancavelica – Perú. (e-mail: nhuamani@mail.unh.edu.pe).



Anexo 1

FICHA TECNICA COMERCIAL "CONTROL AUTOMATICO DE CORTES Y RECONEXIONES"

PRESUPUESTO ANALITICO MENSUALIZADO									
CONTROL AUTOMATICO DE CORTES Y RECONEXIONES EN ELECTROCENTRO S.A. "UU.NN. HUANCABELICA".									
CUENTA	DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO UNITARIO	PRESUPUESTO ANALITICO MENSUALIZADO				TOTAL 1.999	
				NOVIEMBRE		DICIEMBRE			
				CANTIDAD	S/.	CANTIDAD	S/.	CANTIDAD	S/.
601	MERCADERIAS				0,00				0,00
60101	Medidores 1 Ø de 03 hilos, 220 V, 10(40) A	U			0,00			0	0,00
606	SUMINISTROS EN EL PAIS				42.775,20				42.775,20
6E+06	MATERIALES Y DISPOSITIVOS ELECTRONICOS				42.690,00				42.690,00
	Emisor	U	1.200,00	1	1.200,00			1	1.200,00
	Receptores	U	120,00	300	36.000,00			300	36.000,00
	Dispositivos de paso y de control (puertas)	U	50,00	58	2.900,00			58	2.900,00
	Tarjeta para interfase	U	120,00	1					
	Cinta aislante plástica	Rollos	3,00	30	90,00			30	90,00
	Imprevistos	Varios	2.500,00	1	2.500,00			1	2.500,00
6E+06	PINTURAS, BARNICES Y PRODUCTOS QUIMICOS				0,00				0,00
	Pintura sintética de color azul eléctrico	Gl						0	0,00
	Pintura sintética de color amarillo oro	Gl						0	0,00
	Thiner industrial	Gl						0	0,00
6E+06	COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES				85,20				85,20
	Gasolina de 90 Octanos	Gl	7,10	12	85,20			12	85,20
63	SERVICIOS DE TERCEROS				6.800,00				6.800,00
63313	Conexión del emisor a la PC y el VCO a la red eléctrica	U	500,00	1	500,00			1	500,00
63313	Instalación de los dispositivos de control (SED)	U	25,00	58	1.450,00			58	1.450,00
63309	Instalación de los receptores en la caja portamedidor.	U	12,00	300	3.600,00			300	3.600,00
63309	Elaboración del software SICCOR.	U	800	1	800,00			1	800,00
63309	Remachado de tapas de la caja portamedidor	U	1,50	300	450,00			300	450,00
65	CARGAS DIVERSAS DE GESTION				375,00				375,00
656					375,00				375,00
65601	Gastos de supervisión	Día	125,00	3	375,00			3	375,00
TOTAL					50.035,40				50.035,40
								MILES \$	12,12

- Precios no cluyen el I.G.V. (se requiere cortar el servicio)



Anexo 2

CUADRO DE EVALUACION ECONOMICA

CUADRO DE EVALUACION ECONOMICA										
CONTROL AUTOMATICO DE CORTES Y RECONEXIONES										
ELECTROCENTRO S.A.										
UBICACIÓN :					UNIDAD OPERATIVA : HUANCAMELICA				FECHA 04/03/2000	
INGRESOS	A)	VENTA DE ENERGÍA			PAGO AL TERCERO		\$	0,000		
	B)	DISMINUCIÓN PERDIDAS ENERGÍA			COSTO DE CORTE Y RECONEXION		\$	6,050		
	C)	IMPORTE DEJADO DE PAGAR AL TERCERO			UTILIDAD NETA		\$	6,050		
	D)	VALOR RESIDUAL								
INVERSIONES :					Clientes actuales		Cant.	20		
PROYECTO - PRESUPUESTO (No IGV) 12,115 Mil S/.					Clientes futuros		Cant.	320		
23,037 23,037 0,000										
MES	INVERSIONES			COSTO	INGRESOS Y/O BENEFICIOS			BENEFICIOS TOTALES	FLUJO ECONOMICO (*)	VALOR NETO PRESENTE
	Costo del Proyecto			TOTAL	Importe dejado de pagar	Recupero de Energía				
0	12,115			12,115	0,000			0,000	-12,115	-11,995
1				0,000	1,816			1,816	1,816	-10,214
2				0,000	1,835			1,835	1,835	-8,434
3				0,000	1,853			1,853	1,853	-6,653
4				0,000	1,871			1,871	1,871	-4,873
5				0,000	1,890			1,890	1,890	-3,092
6				0,000	1,909			1,909	1,909	-1,311
7				0,000	1,928			1,928	1,928	0,469
8				0,000	1,947			1,947	1,947	2,250
9				0,000	1,967			1,967	1,967	4,031
10				0,000	1,987			1,987	1,987	5,811
11				0,000	2,006			2,006	2,006	7,592
12				0,000	2,027			2,027	2,027	9,373

ANALISIS DE SENSIBILIDAD

TD	VP(B)	VP(C)	VAN		B/C
8%	21,906	12,035	9,871		1,820
9%	21,770	12,025	9,745		1,810
10%	21,635	12,015	9,620		1,801
11%	21,501	12,005	9,496		1,791
12%	21,368	11,995	9,373		1,781
13%	21,236	11,985	9,251		1,772
14%	21,106	11,975	9,130		1,762
15%	20,976	11,966	9,011		1,753
16%	20,848	11,956	8,892		1,744
PERIODO RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN :			TIR :		
6,74 Meses			11,34%		

NOTA : LOS MONTOS CONSIDERADOS EN LA EVALUACION ECONOMICA NO CLUYEN EL IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (I.G.V.)