



*FRVM de la Universidad Tecnológica Nacional
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado*

Sistema SCADA para la industria textil

Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica

Autor:

Zanella, Matias Alberto.

2019

Acreditación:

Fecha:

Comité Evaluador

Presidente: MSc. Ing. Pedro Danizio.

1° Vocal: Esp. Ing. Héctor Ferrari.

2° Vocal: Ing. José L. Catalano.



Dedicatorias

A Dios, que por su inmenso amor, bondad y misericordia me permitió llegar hasta aquí, iluminando mi camino y otorgándome, día a día, salud, fortaleza y perseverancia para lograr mis objetivos.

A mi madre, Eva, por su amor incondicional, por darme la vida, y ayudarme en este proceso, acompañándome a todo momento.

A mi hermano y pilar fundamental, Juan Ramón, quien con su dulzura e inocencia alegra mi vida y la tiñe de colores.

Y especialmente a la memoria de mi padre, Alberto, quien me brindó su apoyo y confió en mí desde el principio.



Agradecimientos

A Carlos, Juan José y Claudia, quienes, sin otro motivo más que su bondad y amor por el prójimo, brindaron toda su ayuda y atención en los momentos más difíciles, posibilitándome, entre otras cosas, a cumplir este sueño.

A Matías y Guillermo, por confiar y financiar este proyecto, y darme la posibilidad de haber formado parte de Indubol por casi cinco años.

A los profes de la carrera, gracias por transmitirme sus conocimientos y forjar el profesional que hoy soy.



Memoria Descriptiva

En virtud de obtener el título de ingeniero en electrónica, el proyecto trata el desarrollo e implementación de un sistema de supervisión, control y adquisición de datos, del acrónimo en inglés SCADA, aplicado puntualmente al proceso de producción de tela tubular, constituida a base de rafia de polipropileno en la industria textil.

El mismo se compone de un panel táctil, cuya función es la de servir de interfaz de usuario (en adelante HMI, “Human Machine Interfaz”), un servidor Web, que posibilita el acceso remoto al sistema, una base de datos SQL, para almacenar eventos y variables de producción, una unidad maestra (en adelante MTU, “Master Terminal Unit”), encargada de ejecutar las acciones de mando y procesar-gestionarlos datos y las redes de comunicación, y, por último, distintas estaciones remotas (en adelante RTU, “Remote Terminal Units”), que se ubican en puntos estratégicos de la planta, según resulte conveniente, para poder así leer y pre-procesar las variables de interés para el análisis.

Zanella, Matias Alberto.-



Índice

Dedicatorias.....	- 2 -
Agradecimientos	- 3 -
Memoria Descriptiva.....	- 4 -
Índice.....	- 5 -
1. Introducción	- 6 -
2. Fundamentación.....	- 7 -
3. Finalidad.....	- 8 -
4. Objetivo.....	- 9 -
5. Diseño del Proyecto	- 10 -
5.1. Revisión de requerimientos y parámetros de operación.	- 10 -
5.2. Selección de componentes y dispositivos.	- 11 -
5.3. Diagrama en bloques del sistema.....	- 13 -
5.4. Descripción de cada una de las partes.....	- 14 -
6. Evaluación Final del Sistema	- 16 -
6.1. Preparación del prototipo con materiales finales.	- 16 -
6.1.1. Gabinete para montaje.....	- 16 -
6.1.2. Protección eléctrica del personal y de los equipos.	- 17 -
6.1.3. Medición de velocidad y producción.	- 18 -
6.1.4. Interfaz de comando y señalización en el telar.....	- 19 -
6.1.5. Fuente de alimentación y cables de comunicación.....	- 20 -
6.2. Montaje y ensayo real del prototipo.	- 21 -
6.2.1. Conexión de las e/s digitales.	- 21 -
6.2.2. Montaje de los equipos al gabinete.	- 27 -
6.2.3. Montaje de los elementos en el telar.	- 29 -
6.2.4. Montaje del analizador de red.	- 30 -
7. Análisis del sistema en campo.	- 30 -
7.1. Montaje del sistema en planta.....	- 30 -
7.2. Interacción del usuario y el sistema en el HMI.....	- 32 -
8. Conclusión.	- 38 -
9. Bibliografía.	- 39 -
10. Anexos	- 40 -
10.1. Diagrama de flujo del programa de la MTU.....	- 40 -
10.2. Diagrama de flujo del programa del equipo remoto.	- 41 -
10.3. Ficha técnica de componentes.	- 42 -



1. Introducción

En todo proceso productivo del sector industrial, resulta menester tener una clara, conjunta y ordenada recopilación-supervisión en aquellas variables que intervienen, de manera directa o indirecta, en el mismo, a fin de poder controlar y gestionar la producción de manera eficiente. Así mismo, el hecho de tener un control y monitoreo en tiempo real del proceso, con avisos de alarmas que proporcionen información oportuna, mejorará la eficacia del mismo permitiendo tomar decisiones operacionales apropiadas bajo determinadas circunstancias.

Los sistemas SCADA, acrónimo por “*Supervisory Control And Data Acquisition*”, son una aplicación software de control de producción, que se comunica con los dispositivos de campo (RTU), y controla el proceso de manera automática desde la pantalla de la MTU, proporcionando información del mismo a diversos usuarios: operadores, supervisores de control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. Estos sistemas, son partes integrales de la mayoría de los ambientes industriales complejos o muy dispersos en términos geográficos, ya que pueden coleccionar la información de una gran cantidad de fuentes muy rápidamente, y presentarla en forma amigable y legible.

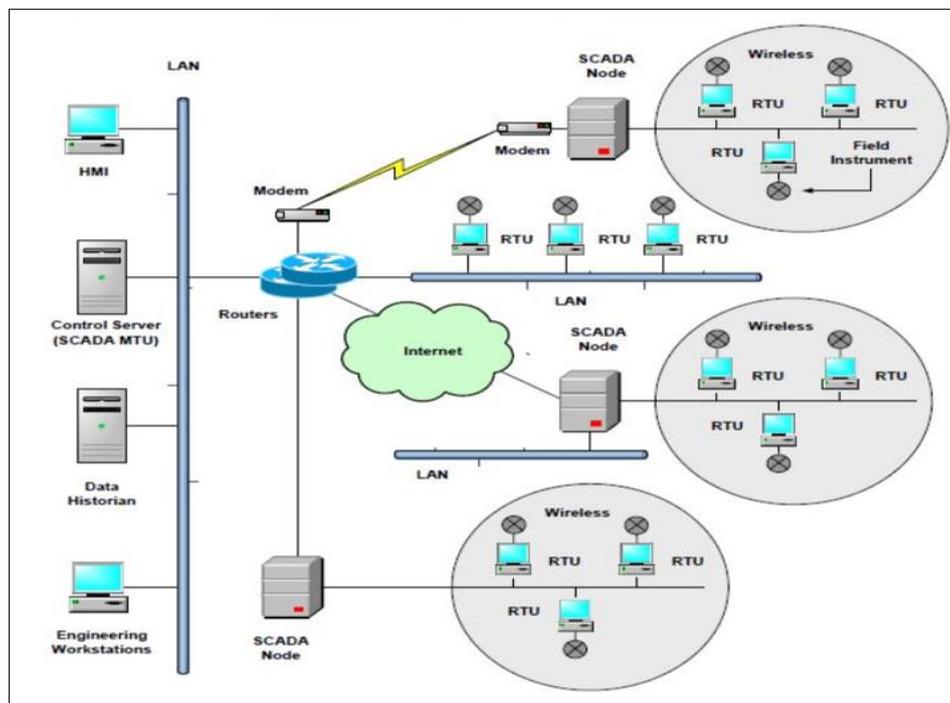


Figura N° 1. Esquema básico de un sistema SCADA.



Hoy, los proveedores de SCADA están diseñando sistemas que son pensados para resolver las necesidades de muchas industrias, con módulos de software específicos para proporcionar las capacidades comúnmente requeridas. No obstante, en algunos casos éstos suelen tener cierta tendencia a favor de algunas industrias sobre otras, en función de la demanda del mercado, lo cual lo hace poco flexible y vulnerable en situaciones no tan frecuentes.

El campo de aplicación que en el presente se necesita desarrollar, abarca al proceso de elaboración de tela tubular a base de rafia de polipropileno (PP); donde, en su etapa inicial, parte del grano de PP (materia prima), en conjunto con una serie de aditivos a fin de mejorar sus propiedades mecánicas, que luego de un proceso de extrusión y bobinado se forman las bobinas de cinta (rafia), y, finalmente, al ser éstas enhebradas en los telares, se elabora la tela tubular como producto final, siendo almacenada en rollos de hasta cinco mil metros como muestra la figura N° 2.



Figura N° 2. Rollos de tela tubular de PP.

Conforme a lo nombrado, es aquí la necesidad diseñar un sistema no tan costoso, como los disponibles en el mercado actual, y de fácil adaptación al proceso en cuestión. De esta manera, se pretende poder analizar todas aquellas variables involucradas, desde los consumos de materia prima, de aditivos y de energía, hasta la cantidad y calidad de tela producida en cada telar.

2. Fundamentación

Dentro de la industria textil del polipropileno, los procesos preponderantes son los de extrusión y tejeduría, ya que del complemento de ambos se produce el primer



producto terminado: la tela tubular. Ésta, puede ser comercializada de manera directa, en lotes de rollos de 5000m, o como bolsas, tras continuar con procesos posteriores que le otorgan un valor agregado, pero que están fuera del alcance del presente.

En ambos casos, es de suma importancia tener controlados todos aquellos parámetros de operación, de consumo, de calidad, etc., que intervienen en la producción de la misma, a fin de asegurar una óptima trazabilidad del producto y entregarlo en los mejores términos al cliente.

No obstante, no todo está vinculado al producto final y al cliente. También se necesita tener puertas adentro una buena gestión de ambos procesos de fabricación; manteniendo un stock permanente de materia prima y producto terminado, analizando costos, ganancias y pérdidas, teniendo un orden prioritario de producción en función de las ventas, etc.

Todo lo desarrollado hasta aquí, conlleva a la necesidad de tener automatizada la supervisión, el control, y la gestión en los aspectos descritos anteriormente por medio de un sistema SCADA, eliminado, en simultáneo, la necesidad de acumular planillas escritas a mano y los controles periódicos que, al ser ejecutados por el factor humano, están más vulnerables a la probabilidad de error. Esto, a su vez, otorgará mejoras adicionales a todo el sector, detectando eficiencias en el personal, a partir de las cantidades producidas y de pérdidas por fallas, y obteniendo una alta competitividad en el mercado, a causa de una disminución en los tiempos de ciclos y del personal redundante y al aumento de la flexibilidad, la calidad y la seguridad en la fabricación.

3. Finalidad

La finalidad principal que persigue la aplicación del sistema es la de visualizar y controlar a través de una pantalla local, mediante un panel táctil, o de manera remota, desde la PC o dispositivo portátil mediante un servidor web, el estado de operación y producción de la maquinaria que incumbe en el proceso de elaboración de tela tubular constituida a base de cinta de polipropileno.

De esta manera, la intención es la de llevar un registro cronológico y un control en tiempo real de: la calidad de la tela, el estado de operación-producción de los telares, la cantidad de energía, materia prima y aditivos utilizados por la extrusora y, por último,



los consumos de potencia, calidad de energía y parámetros de la red de alimentación eléctrica.

Por otro lado, al lograr automatizar los controles se podrá eliminar, de manera total, el uso de planillas de producción y consumo de materia prima, migrando así esta información hacia una base de datos para poder realizar estadísticas y proyecciones de diferentes índoles. En paralelo a lo anterior se pretende, también, desvincular al personal encargado de realizar estas tareas rutinarias y reubicarlo así en otros sectores de la fábrica, con otras tareas, logrando bajar costos y ser más eficientes en torno a la gestión del mismo.

4. Objetivo

Como **objetivo general**, se plantea el propósito de sustituir el uso de todo tipo de planillas de producción escritas a mano, por un único sistema central y computarizado, que sea capaz de poder almacenar de manera periódica y automática, todas aquellas variables que tengan mayor preponderancia, y que estén involucradas de manera directa e indirecta, con el proceso productivo descrito hasta aquí. De esta manera, se pretende confidenciar dicha información del operario de producción y, a su vez, centralizarla en una base de datos digital, a la que solo podrá acceder personal calificado, para luego utilizarla como una herramienta útil y versátil para la toma de decisiones. Todo lo enunciado, conlleva a contar con información de mayor calidad y en mayor cantidad, a la disponible actualmente en el sector, ya que el sistema nos permitirá observaren tiempo real, el estado funcional de la maquinaria involucrada en los procesos, y los valores instantáneos de las variables eléctricas intrínsecas a la línea de alimentación principal.

Los **objetivos particulares** pueden enunciarse como:

- Cuantificar en tiempo real el consumo de materia prima y aditivos utilizados en el proceso de extrusión.
- Medir el consumo de energía en el proceso de extrusión, para facilitar los cálculos de costos de producción.
- Cuantificar y almacenar la producción de tela de cada telar, acumularla en el stock de producto y poder calcular rendimientos de producción.



- Visualizar la velocidad de operación de los telares y cuantificar la cantidad y los tiempos de parada.
- Controlar la calidad de la tela producida, comparándola en tiempo real con los estándares de calidad.
- Cuantificar la cantidad de tela almacenada en el rollo, indicando cuándo éste está lleno y listo para retirar.
- Visualizar el valor instantáneo de las variables eléctricas de la línea de alimentación principal.

5. Diseño del Proyecto

5.1. Revisión de requerimientos y parámetros de operación.

Tomando como base lo enunciado hasta aquí a nivel introductorio, y para dar solución y cumplimentar con los objetivos antes propuestos, se han de expresar los requerimientos y parámetros del sistema a desarrollar e implementar.

En primer lugar, se necesita una unidad de control maestra (MTU) con amplia capacidad de memoria y de procesamiento; ya que la misma será la encargada de reunir, procesar y mostrar toda la información de interés para el usuario. No obstante, se debe disponer también, de estaciones remotas (RTU) vinculadas a la MTU por determinados buses de comunicación y estratégicamente distribuidas en planta, a fin de poder medir las variables que, según cada caso, le compete a cada equipo, siendo estos: analizadores de red, sistemas de e/s remotas y un dosificador electrónico de materia prima.

De la mano con la MTU, es imprescindible contar con un panel táctil que sirva de interfaz con el usuario (HMI), permitiendo observar, de manera local y en tiempo real, el estado de las variables en análisis. Como anexo, y para otorgarle mayor flexibilidad al usuario, se dota al sistema con un servidor web, cuyo objeto es el de poder acceder de manera remota, desde cualquier dispositivo móvil y en cualquier lugar.

También, es preponderante incorporar una base de datos en SQL Server, a la cual la MTU accederá periódicamente para almacenar, organizar y levantar todo tipo de información que resulte relevante en torno a los procesos involucrados, a la producción,



al stock de materia prima, al consumo de energía y demanda de potencia, a los cortes en el suministro energético, etc.

Dentro de cada máquina se requiere de dos sensores inductivos, para que al detectar el movimiento de ciertos mecanismos se pueda calcular la velocidad de operación y el volumen de producción actual, un pulsador luminoso, donde se señala error en la calidad de la tela y sirve como reset a dicho error, y un piloto luminoso para indicar que el rollo de tela contiene el tamaño para ser retirado.

Finalmente, los equipos de control son montados dentro de un gabinete modular con ventilación forzada, con relés de estado sólido, que aíslan las salidas digitales del controlador, una fuente de alimentación en corriente continua para alimentar la lógica de control, un equipo UPS para alimentar al sistema con energía estabilizada, dispositivos de protección diferencial, contra contactos directos e indirectos, y protección termomagnética, contra sobrecargas y cortocircuitos, cables unipolares y multipolares para la conexión entre componentes y demás elementos complementarios.

5.2. Selección de componentes y dispositivos.

En la actualidad, el mercado argentino ofrece un amplio rango de posibilidades para la elección de equipos controladores de procesos industriales que, a su vez, disponen de la robustez necesaria que el ambiente circundante y la aplicación les exige.

El criterio utilizado para optar por uno u otros, consiste en ponderar a aquellos que presenten la mejor relación precio-producto, otorguen mayor flexibilidad tanto en programación como en protocolos de comunicación, dispongan de software gratuito y cuenten con soporte a nivel local.

Es por ello, que se optó por trabajar con los equipos importados al país por la firma AEA, y desarrollados por la multinacional de origen israelí Unitronics; ya que éstos no sólo cumplen con los requisitos impuestos en el párrafo anterior, sino que además poseen una arquitectura de hardware denominada OPLC (Operador Panel + PLC), en donde se integra un PLC y una interfaz humana (HMI) formando así un solo equipo compacto, capaz de operar de manera conjunta y permitiendo, de esta manera, utilizar un mismo software para programar ambos equipos embebidos.



Así, dentro de la familia de controladores disponibles, se eligió la serie moderna UniStream que incorpora un panel HMI de 10,4" modelo USP-104-B10, el cual posee una resolución de 800x600 pixeles, dos puertos de red Ethernet, dos puertos host USB, un puerto mini USB para programación y un slot para tarjeta de memoria SD; y una CPU para panel modelo USC-P-B10, que soporta hasta 2048 puntos de e/s locales y/o remotas, 1 Mbyte de memoria para programa, puerto RS485 y puerto CANbus. De esta manera, la adecuada elección del conjunto CPU+HMI permite el acceso a un servidor WEB, a una base de datos en SQL Server, a enviar emails y mensajes de textos, a almacenar y leer datos y archivos de una memoria SD o USB, y a utilizar los protocolos de comunicación MODBUS, Ethernet/IP™, CANopen, SNMP, FTP, BACnet, RTSP, VNC, UniCAN y GSM, flexibilizando así el proceso de comunicación con diversos equipos remotos.



Figura N°3. OPLC Untronics serie Unistream.

Como periférico de e/s digitales, se utilizó el adaptador remoto EX-RC1 en conjunto con 3 módulos IO-DI16, de 16 entradas digitales, y 2 módulos IO-TO16 de 16 salidas a transistor. Dicho adaptador, que pertenece a la familia Visión, se vincula con la MTU utilizando el protocolo de comunicación UniCAN, desarrollado por Unitronics y basado en CANopen, a través del puerto CANbus, con capacidad de conectar hasta 8 adaptadores EX-RC1 al bus, obteniendo así un máximo de 640 puntos digitales de control para el esquema de hardware hasta aquí planteado.

Por último, debido a su bajo costo y a sus amplias prestaciones, se incorporó al sistema el analizador de red MPR-47S desarrollado por la empresa china Entes, para poder brindar así, un completo análisis en los valores de las variables eléctricas



intrínsecas a la red de alimentación principal. Dicho equipo, será ubicado en el tablero general de baja tensión (TGBT) que alimenta la totalidad del inmueble y consta con un puerto de comunicación RS485, lectura de todas las potencias y demandas, medición de voltaje y corriente de línea, factor de potencia por fase, distorsión armónica total e individual hasta la componente número 51, memoria interna, RTC y salidas de alarmas entre otros.

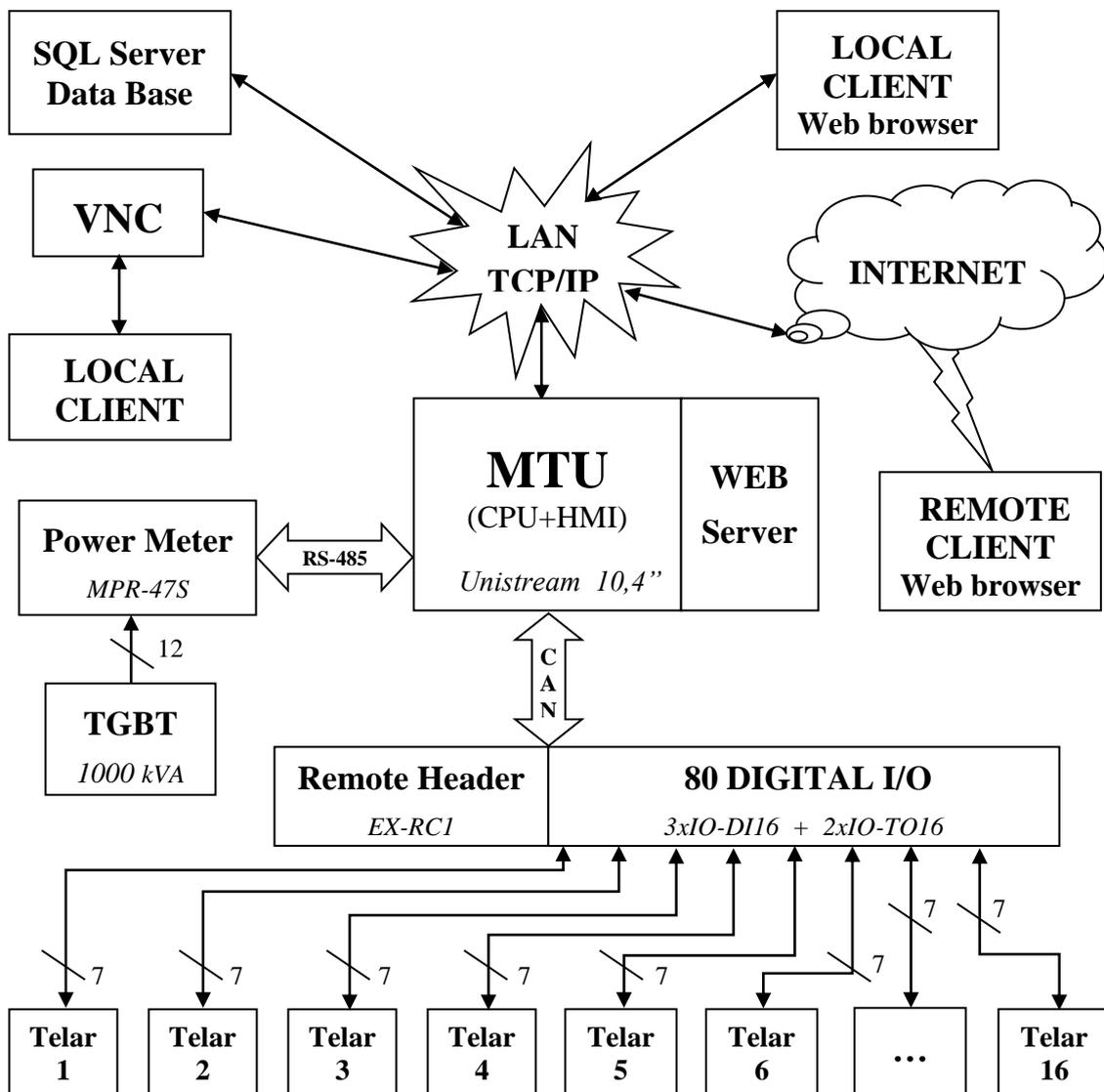


Figura N° 4. Analizador de red MPR-47S y cabecera remota EX-RC1.

5.3. Diagrama en bloques del sistema.

En el siguiente diagrama, puede observarse la arquitectura, interacción y distribución del hardware distribuido en planta con el sistema SCADA hasta aquí mencionado. Cabe destacar, también, que dentro de cada bloque, se indica el nombre del equipo electrónico elegido para poder cumplimentar con la función asignada a la aplicación en particular.

Por último, se pueden destacar los canales de comunicación que vinculan a los periféricos remotos, y un diagrama unifilar referente al cableado entre los módulos de e/s con los telares, y del tablero general de baja tensión (TGBT) con el analizador de red.



5.4. Descripción de cada una de las partes.

Del análisis del diagrama anterior, puede observarse en primer lugar aquello que fue enunciado en los primeros capítulos; es decir, que todos los bloques operativos se vinculan de una u otra manera con la MPU, ya que ésta es la encargada de administrar y gestionar los procesos y la información relevante que provienen de los diferentes sectores de planta.

En la parte inferior se visualiza que, por medio del puerto CANbus y utilizando el protocolo de comunicación UniCAN, se establece un vínculo físico entre el OPLC Unistream y la cabecera remota EX-RC1 que gobierna un sistema de e/s digitales con ochenta puntos efectivos de conexión, de ciento veintiocho que la misma puede



procesar como máximo. De aquí se demuestra, que si se considera en esta primera etapa de desarrollo que el análisis tiene un alcance de dieciséis telares de rafia de polipropileno, produciendo tela tubular bajos ciertos requisitos que exige el proceso, cada uno de ellos utiliza cinco puntos de e/s remotas del sistema. Dichos puntos se corresponden a:

- Dos entradas digitales conectadas a dos sensores inductivos, mediante los cuales se podrá obtener la velocidad de producción del telar, expresada en inserciones de trama o picks por minuto (ppm), y la cantidad de tela producida, expresada en metros. No obstante, de éste mismo análisis, se puede obtener en simultáneo, la cantidad de inserciones de trama que tiene la tela por cada diez centímetros producidos, lo cual se denomina densidad de trama, se expresa en picks por decímetro (ppd) y constituye uno de los principales aspectos de calidad de la misma.

- Una entrada digital solidaria a un pulsador luminoso cuya función es la de servir como señal de reset (RST) ante la parada del telar. Esto es necesario, ya que si el sistema detecta tres veces consecutivas que la densidad de trama está fuera de cierto intervalo o que la cantidad de tela producida y acumulada en el telar excede el máximo permitido, ambos parámetros definidos por el usuario, se detendrá la producción de la máquina.

- Dos salidas digitales para detener la producción del telar y, a su vez, señalar la causa de dicho evento. De esta manera, cuando la densidad de trama no es la correcta, se detiene el telar y se enciende la luz roja del pulsador luminoso, y cuando la cantidad de tela producida y acumulada llegue al límite establecido, también se detiene pero se enciende una luz color ámbar.

Según lo expuesto, la cabecera, que no es solo una estación remota boba sino que posee capacidad de procesamiento propio, siendo la responsable de gobernar por cuenta propia sus e/s digitales asociadas. De esta manera, dentro de ella se calcula la velocidad de operación de los telares, los metros de tela producidos y acumulados, las inserciones de trama cada diez centímetros, se ejecutan las salidas para detener el telar según corresponda y, por último, transfiere todos estos datos cada de 200ms al MPU.

Continuando con el análisis, se puede visualizar que por medio de una red de área local (LAN) y a través del protocolo TCP/IP, se establece un vínculo donde la MPU



puede interactuar e intercambiar información con un servidor web, una base de datos y una PC que con un software VNC permite el acceso remoto al sistema.

El acceso a la base de datos, desarrollada en SQL Server bajo plataforma de Windows, se justifica a partir de la necesidad de almacenar, en distintas tablas, aquellos valores referentes a la producción de tela, discriminando entre turnos, operarios, días y meses, y a los referentes al suministro principal de energía eléctrica, generando diagramas históricos de la demanda, demanda máxima en punta y fuera de punta, consumo de energía eléctrica activa y reactiva, cortes y micro cortes de la alimentación, entre otros.

En cuanto al acceso remoto al sistema, éste podrá efectuarse de dos maneras alternativas e inclusivas a la vez: mediante la plataforma de red de computación virtual (VNC) y/o mediante un servidor web. Ambos esquemas persiguen un mismo interés en común, y es el de poder acceder a visualizar todas las variables medidas y su entorno gráfico desde cualquier lugar y con cualquier dispositivo inteligente, sin la necesidad de interactuar de manera presencial con el HMI y con la simple exigencia de tener acceso a la red.

Por último, se encuentra el analizador de red que opera como esclavo en una red Modbus RS-485 compartida con la MPU, y está ubicado físicamente en el panel frontal del TGBT con capacidad de hasta 1000 kVA de potencia eléctrica. Dicha ubicación estratégica, le posibilita tener contacto directo con el sistema principal de embarrado donde, por medio de los transformadores de intensidad (TI) de 1500/5A, se obtendrán los valores de las principales variables eléctricas de la instalación.

6. Evaluación Final del Sistema

6.1. Preparación del prototipo con materiales finales.

6.1.1. Gabinete para montaje.

En la etapa inicial del diseño y desarrollo del prototipo, se debe ponderar el proceso de elección de la estructura que irá a contener a los equipos electrónicos, a fin de resguardarlos de golpes, del polvo y las altas temperaturas.



Es por ello, que para cumplimentar con tales expectativas se eligieron los gabinetes modulares serie S97 fabricados por la empresa argentina Genrod, debido a la buena calidad en sus productos, precios competitivos y documentación didáctica para la correcta elección y ensamblado de sus componentes. Si bien la familia está orientada al desarrollo de TGBT para interiores, se adapta perfectamente a nuestras necesidades ya que además brinda un grado de protección mecánica IP42 según lo establece la norma IRAM 2444.



Figura N° 5.Gabinete modular Genrod serie S97.

El modelo elegido es el GR9797653T en su versión más completa, cuyas medidas son de 750x1500x600 (AxHxP) y está equipado con bandeja interior para el montaje de componentes, laterales y techo, ambos desmontables. Además, se incorpora como accesorios extras, un zócalo desmontable de veinte centímetros de altura, zócalo, porta planos interior, contrafrentes ciegos abulonados y con bisagras, puerta con vidrio templado y un sistema de ventilación forzada, controlado por termostato, a la entrada y libre a la salida ubicado en sus laterales.

6.1.2. Protección eléctrica del personal y de los equipos.

Una vez identificado el gabinete, se continúa con la elección de los elementos de corte y protección eléctrica contra cortocircuitos, sobrecargas y contactos directos e indirectos, optando por la serie Domae bipolar de Schneider Electric. Así se utilizó un interruptor diferencial general, conforme a la norma IEC 61008, de clase AC, 30mA de



corriente residual y corriente nominal de 25A, y tres interruptores termomagnéticos, conforme a la norma IEC 60898, con poder de ruptura (I_{cn}) de 3kA, curva de disparo tipo C y calibre de 25A para la llave principal, de 10A para la entrada del UPS y 6A para la salida del UPS.



Figura N° 6. Interruptor termomagnético y diferencial línea Domae.

La implementación de un sistema de alimentación ininterrumpida (UPS) de 800VA marca Lyonn modelo CTB800 se justifica para alimentar al sistema en caso de cortes en el suministro de energía eléctrica y, a su vez, proteger a los equipos electrónicos contra transitorios en la red que pueden resultar perjudiciales.

Se destaca por último, el uso de una base seccionadora porta fusible con led de señalización, conectado a la salida de la fuente de alimentación DC a fin de evitar sobrecargas en la misma, mediante el uso de un fusible de vidrio de 5A de 5x20 mm.

6.1.3. Medición de velocidad y producción.

Para continuar, se procede a determinar los elementos necesarios para posibilitar el cálculo de la producción del telar y la detección de velocidad de operación del mismo. En ambos casos, se utilizan sensores de proximidad inductivos conectados a las entradas digitales del sistema, ya que éstos presentan mayor simpleza, robustez, flexibilidad y menor costo que otras alternativas para tal fin, como lo puede ser un encoder incremental u otro tipo de sensor.

En el caso del proceso de medición de tela producida, el sensor a utilizar es el desarrollado por empresa alemana IFM, modelo IE5338, del tipo rasante, a fin de focalizar mejor el campo detector, diámetro con rosca M8, salida NPN y normal abierto.

En contracara, para llevar a cabo el proceso de medición de la velocidad de operación, el sensor a utilizar corresponde a la firma japonesa Omron, de la serie E2B, tipo rasante, diámetro con rosca M12, salida PNP y normal abierto. El criterio utilizado en la elección de los sensores se fundamenta, en el primer caso, en que el mismo es incorporado por el fabricante y por ende, se procede a desconectarlo del PLC del telar y conectarlo al sistema, ahorrando así el costo de un sensor por máquina; y en el segundo caso, se optó por el modelo enunciado a causa de su bajo costo, disponibilidad en stock y al tipo de salida PNP que, ante una eventual avería, permite su fácil adquisición en el mercado.



Figura N° 7. Detector de proximidad inductivo Omron e IFM.

6.1.4. Interfaz de comando y señalización en el telar.

Respecto al hardware de comando y señalización ubicado en el telar, se adoptó un pulsador luminoso rojo y un piloto luminoso color ámbar. El primero corresponde a la serie XB5 de Schneider Electric, siendo elegido debido a su compacto diseño modular, compuesto por el cuerpo, el bloque luminoso y los microcontactos, que otorga mayor flexibilidad en la instalación, como en el intercambio de dichas piezas, y se utiliza para introducir una señal de reset a la parada del telar e indicar mediante la luz, una falla en las inserciones de trama. Respecto al segundo, su función es la de señalar que la cantidad de tela bobinada en el telar llegó al valor indicado y el modelo corresponde a la serie XB7 de la misma empresa que el anterior.



Figura N° 8. Pulsador luminoso XB5 y piloto luminoso XB7.

A fin de brindar seguridad contra posibles averías en el sistema de salidas digitales, se incorporó un relé de estado sólido a cada una de ellas (32 en total), que opera como interfaz de aislamiento optoelectrónica entre el equipo y el hardware a comandar en planta. Por su bajo costo, simpleza y disponibilidad en el mercado, se optó por el modelo TOS24VDC24VDC2A, desarrollado por la firma Weidmüller, cuyo formato y diagrama de conexión puede observarse en la figura N° 9.

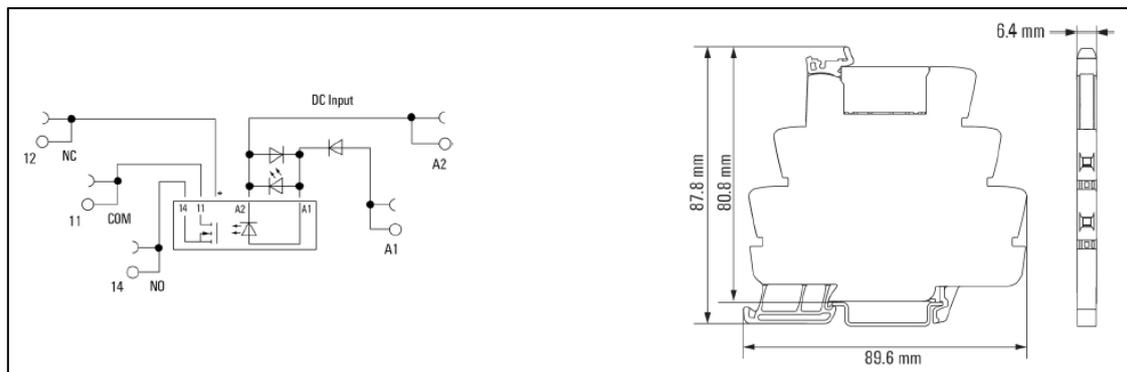


Figura N° 9. Diagrama SSR Weidmüller.

6.1.5. Fuente de alimentación y cables de comunicación

Para finalizar con la sección, queda describir la fuente en DC implementada a fin de brindar alimentación a todo el equipamiento electrónico. La misma es desarrollada por la empresa AEA, modelo SKS-100-24, con soporte para carril DIN y 100 W de potencia a 24V. No obstante, también resulta oportuno nombrar los modelos de cables utilizados para la comunicación entre los dispositivos, según sea el protocolo, y para transportar alimentación hacia los sensores y equipos remotos, destacando que en el primer caso se eligieron cables apantallados con malla metálica a fin de evitar interferencias



electromagnéticas que puedan introducir errores en el proceso de comunicación. Así, para la red RS-485 se eligió el modelo SB 2100-9700-9800 de la empresa argentina MARLEW, y para la alimentación DC y el bus CAN se optó por trabajar con la empresa alemana LAPPGROUP, cuyo modelo en primer caso es el ÖLFLEX[®] CLASSIC 130 H calibre 2x1,5 mm², y en el segundo caso el UNITRONIC[®] LiYCY calibre 4x1mm².

6.2. Montaje y ensayo real del prototipo.

6.2.1. Conexión de las e/s digitales.

Como se dijo en páginas anteriores, la cabecera remota, EX-RC1, gobierna un sistema de e/s digitales con ochenta puntos efectivos de conexión, los cuales se distribuyen en cinco módulos, tres de entradas y dos de salidas, y permiten controlar hasta dieciséis telares. Ésta distribución, ofrece la ventaja de poder otorgar a cada módulo, de entrada o de salida, una función específica lo que facilita varias tareas, desde el programador hasta el tablerista, evitando así confusiones. De esta manera, el esquema queda formado de la siguiente manera:

- 1° Módulo (IO-DI16): Entradas digitales que toman el estado de los sensores, a fin de obtener la producción.
- 2° Módulo (IO-DI16): Entradas digitales que toman el estado de los sensores a fin de obtener la velocidad de operación.
- 3° Módulo (IO-DI16): Dieciséis entradas digitales que toman el estado del pulsador luminoso a fin de resetear la señal de parada.
- 4° Módulo (IO-TO16): Salidas digitales a transistor que detienen la máquina en caso de que la densidad de trama esté fuera del intervalo.
- 5° Módulo (IO-TO16): Salidas digitales a transistor que detienen la máquina en caso de la producción enrollada llegue al valor establecido.

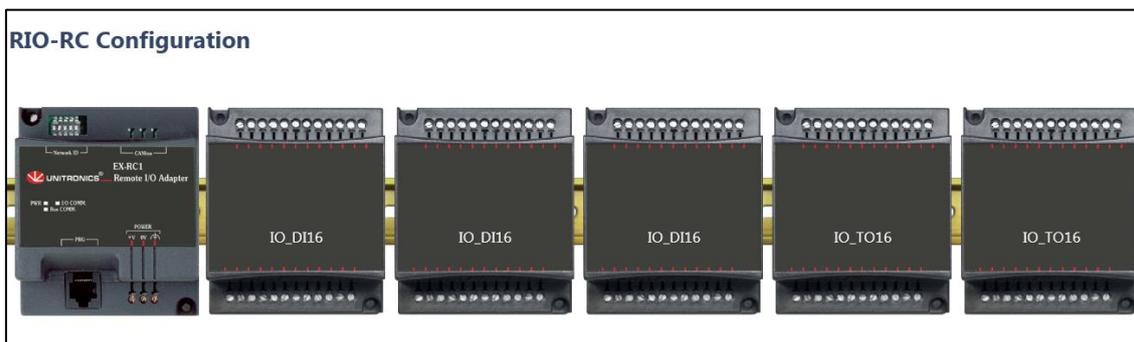


Figura N° 10. Esquema del sistema e/s remotas.

Entrando en mayor detalle en términos de hardware, se procederá a describir las conexiones entre los módulos de e/s y sus componentes, y cómo se logra medir, y por ende cuantificar, las variables antes mencionadas.

Para el caso del **proceso de medición de tela producida**, se debe detectar cada diente de un engranaje unido a un cilindro de metal que va tirando la tela tubular a medida que se va tejiendo. Así, por cada diente encontrado el sensor envía una señal, que multiplicada por un factor de escala, que depende de la cantidad de dientes y del perímetro del cilindro, se obtiene la cantidad tela producida en ese instante. Por lo tanto, si el perímetro del cilindro es de 512,5mm y el número dientes es de 70, la escala correspondiente es de:

$$K = \frac{\text{Perímetro}}{N^{\circ} \text{dedientes}} = \frac{512,5 \text{ mm}}{70 \text{ pss}} = 7,32 \frac{\text{mm}}{\text{pss}} \quad (\text{Ecu. 1})$$

Una vez analizada e interpretada la lógica de funcionamiento, se tomaron muestras con el osciloscopio en la señal de salida del sensor cuando la máquina opera con velocidad mínima y máxima, a fin de poder evaluar la respuesta en frecuencia que debe tener la entrada digital del módulo de expansión asociado. Los datos encontrados pueden observarse en la figura N° 11, donde se muestra que el período del tren de pulsos es de 728ms, con un ancho de pulso de 448ms, cuando el telar opera en su velocidad más baja, y de 100,8ms con un ancho de pulso de 61,2ms cuando opera en su velocidad más alta.



Figura N° 11. Tren de pulsos detector engranaje a velocidad mínima y máxima.

Para poder describir el **proceso de medición de la velocidad de operación** de los telares, se utilizará el mismo criterio y nivel de análisis que en el caso anterior. En esta oportunidad, se debe detectar seis lingotes de hierro distribuidos de manera equidistante debajo del plato giratorio del telar, que a su vez coinciden con la ubicación geométrica de las bobinas de trama, ya que en una vuelta de dicho plato, se producen seis inserciones de cinta en la tela. Así, para obtener la velocidad de producción expresada en picks por minuto (ppm), se debe medir el período de tiempo (ΔT ms) comprendido entre la detección de dos lingotes consecutivos; es decir, los flancos ascendentes de salida del sensor inductivo cuando éste detecta uno y otro lingote. Una vez obtenido ΔT se opera de la siguiente manera:

$$ppm = \frac{1 \text{ picks}}{\Delta T \text{ ms}} \frac{6000 \text{ ms}}{1 \text{ min}} = \frac{6000 \text{ picks}}{\Delta T \text{ min}} \quad (\text{Ecu. 2})$$

Nuevamente, se procedió a tomar muestras con el osciloscopio en la señal de salida del sensor, cuando la máquina opera con su máxima y mínima velocidad encontrando que dichos valores quedan comprendidos entre 117 ppm y 900 ppm. Así, por medio de la figura N° 12, se puede ver que el período del tren de pulsos es de 512ms, con un ancho de pulso de 112ms, cuando el telar opera en su velocidad más baja, y de 67,2 ms, con un ancho de pulso de 14,8 ms cuando opera en su velocidad más alta.

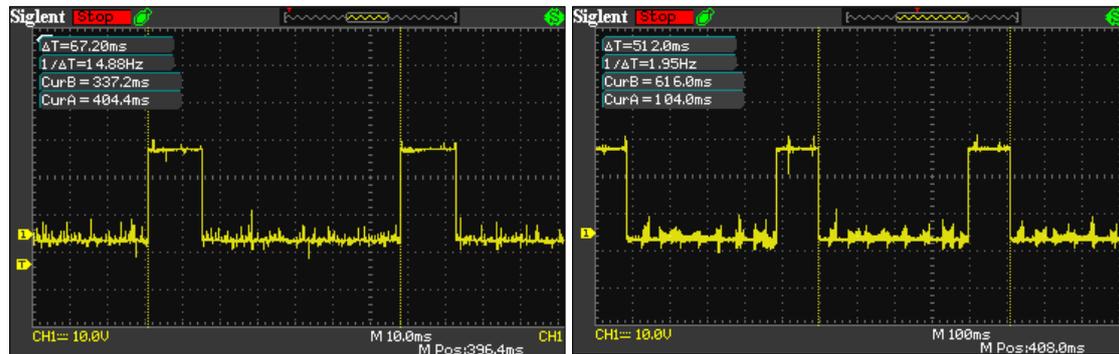


Figura N° 12. Tren de pulsos que miden velocidad mínima y máxima de operación.

De los últimos dos análisis desarrollados, se puede obtener la medición de un tercer parámetro que resulta ser uno de los principales criterios de diseño y de calidad de la tela, lo cual se denomina **densidad de trama**, se mide en picks por decímetro (ppd) y relaciona la cantidad de hilos transversales a la tela tubular comprendidos en un tramo de diez centímetros de tejido. Para obtener el valor calculamos a cuántos dientes del engranaje (N_i) equivale el decímetro:

$$N_i = \frac{100 \text{ mm pss}}{K \cdot 1 \text{ mm}} \rightarrow N_i = \frac{100}{7,4} = 13,5 \text{ pss} \quad (\text{Ecu. 3})$$

Una vez obtenido N_i , se calcula la densidad de trama como la cantidad de pulsos J , obtenidos en la detección de los seis lingotes de hierro, acumulados mientras el número de dientes contados sea menor a N_i . De esta manera, la densidad de trama será de J ppd.

En la figura N° 13 se puede observar, el ejemplo de un telar configurado con una densidad de 20 ppd. Dentro de la misma, encontramos que el canal 1 del osciloscopio contiene los $N_i=13,5$ pulsos correspondientes a la detección de los dientes del engranaje, y en el canal B los $J=20$ pulsos que determinan la densidad de trama.

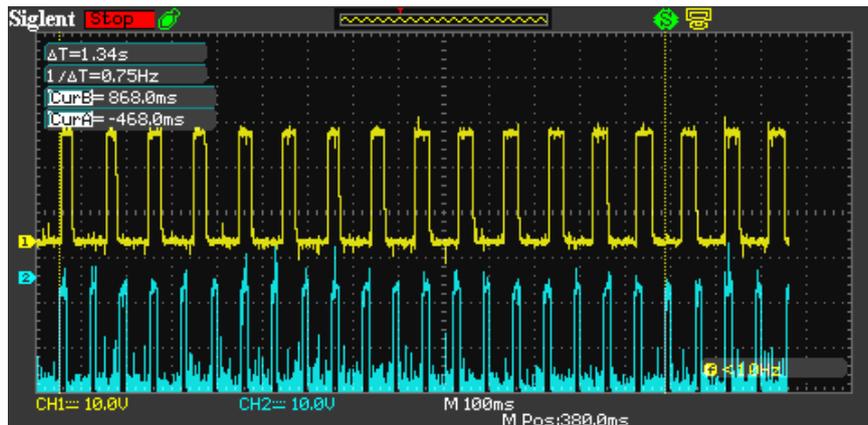


Figura N° 13. Señales para el cálculo de la densidad de trama.

Para finalizar con la etapa de las entradas digitales, en la figura N° 14 queda plasmado cómo debe ser el cableado de las mismas, según lo sugiere el fabricante, para el caso en que se realicen las conexiones del tipo NPN y PNP. También, se resume en la figura N° 15 el circuito relevante al conjunto sensores y pulsador de reset.

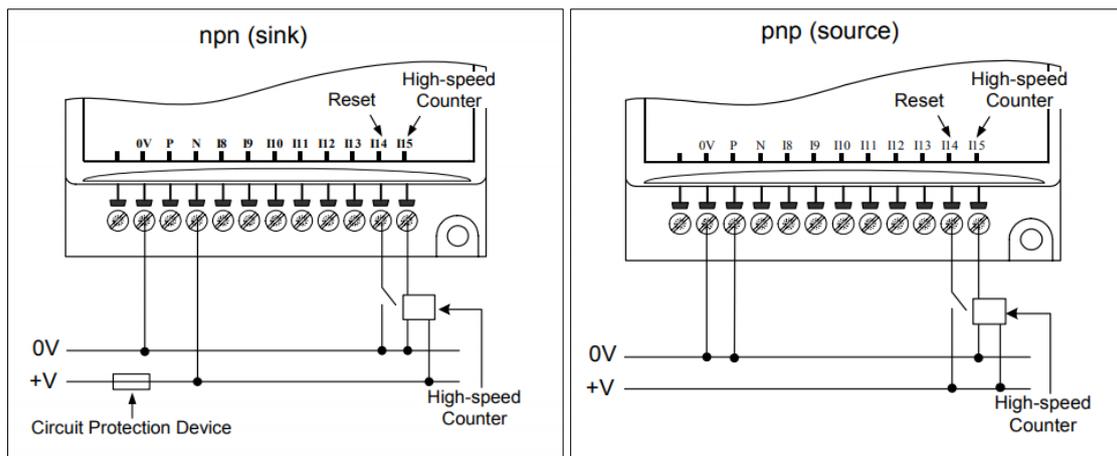


Figura N° 14. Esquema de cableado entradas digitales en configuración npn y pnp.

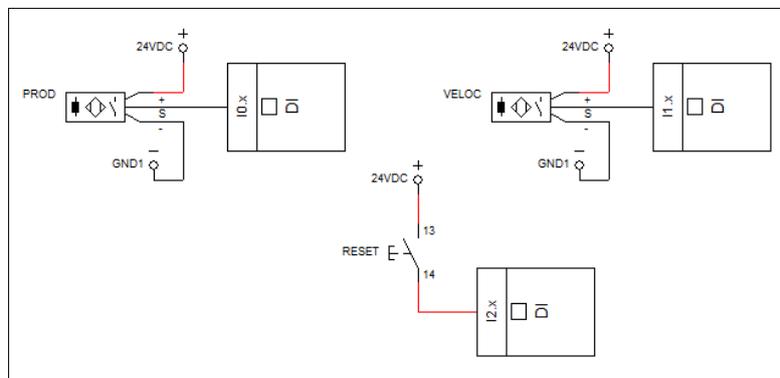


Figura N° 15. Circuito del conjunto sensor-pulsador.

Los módulos de salidas digitales implementados, cumplen la función de detener el telar y señalar la causa de dicho evento, pudiendo ser porque el rollo de tela ya acumuló la cantidad pretendida o porque la densidad de trama medida está fuera del intervalo ± 2 ppd del valor deseado.

Dicha configuración, exige por un lado señalar de manera individual cada evento, y por otro lado detener la máquina en ambos casos. Para ello, se utilizó un SSR asociado a cada situación, donde la entrada de cada relé se conecta en paralelo con la luz de señalización correspondiente, y ambas salidas en paralelo con la entrada DI-0X del PLC del telar, encargada de detenerlo.

Finalmente, se muestra en la figura N° 16 el esquema de las salidas transistorizadas adjunto en la hoja de datos que provee el fabricante del equipo, donde se observa que el mismo, cuenta con la capacidad de poder gestionar de manera independiente dos bloques de comando con alimentación particular.

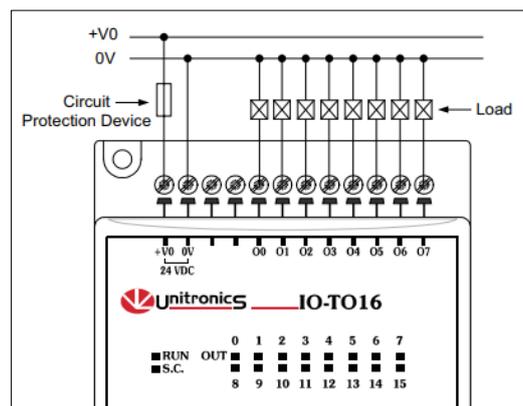


Figura N° 16. Esquema de cableado salidas digitales.

El diagrama mostrado en la figura N° 17 muestra el circuito resultante con el que operan las salidas digitales del sistema para cada telar. En la misma se pueden observar, que los SSR más cercanos a la misma actúan de interfaz de aislación para protegerlas ante cualquier desperfecto eléctrico, y que los dos restantes vinculan la masa eléctrica del PLC del telar con su entrada digital “X₀” a fin de detener a la máquina en caso de que se detecte una falla en la densidad de trama de la tela, o que el rollo contenga los metros de tela pre-establecidos.

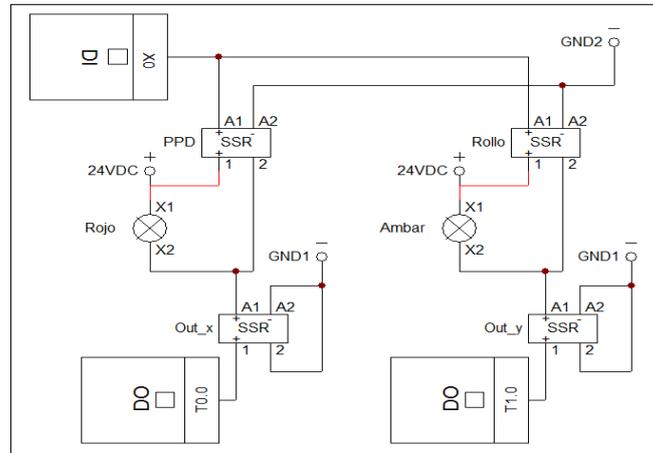


Figura N° 17. Circuito de parada y señalización.

6.2.2. Montaje de los equipos al gabinete.

A excepción de los elementos de señalización y comando, que son ubicados sobre los telares, el resto de los equipos y componentes son alojados dentro de un gabinete modular a fin de resguardarlos del polvo y de golpes accidentales, ofreciendo a su vez ventilación forzada y controlada por termostato para su refrigeración.

Dentro del mismo, montados sobre carril DIN abullonado a la bandeja, se ubican los dispositivos de protección termomagnética y diferencial, las barras de distribución de energía de la línea y la UPS, la fuente de alimentación DC con su fusible de protección, las borneras de paso para la conexión entre los elementos y los SSR de interfaz. Dichos elementos son bordeados con cable canal ranurado 60x40 (BxH) a fin de alojar los conductores eléctricos que los conectan. Todo ello se puede observar en la figura N° 18:



Figura N° 18. Elementos montados sobre bandeja.

El panel HMI junto con la CPU, son montados sobre un contra frente abisagrado debido a que no solo se necesita tener acceso al sector frontal, sino que también al sector posterior donde se encuentran los puertos de comunicación de la CPU y los elementos fijados sobre la bandeja como se describió anteriormente, lo cual puede verse en la figura N° 19:



Figura N° 19. Panel y CPU montado sobre contrafrente.

El sistema de e/s, que incluye la cabecera remota y los módulos de expansión, es montado sobre una bandeja que, por medio de las correderas laterales, se ubica por detrás de un contrafrente abullonado y calado, a fin de que el usuario pueda visualizar el estado de las entradas y salidas. Esto puede verse en la figura N° 20.



Figura N° 20. Montaje del sistema e/s remotas.

Para finalizar con el análisis del gabinete, se muestra en la figura N° 21 los puntos de puesta a tierra y las borneras de paso utilizadas para facilitar el cableado entre los módulos de e/s y el hardware en cuestión. Las mismas están montadas sobre carril DIN sujeto sobre conos aisladores, ya que el sistema opera con dos tomas de puesta a tierra independiente, siendo uno de protección de las masas eléctricas y el otro para protección electrónica. De esta manera, el chasis del gabinete, la fuente de alimentación y la UPS

son conectados a la primera, mientras que los equipos electrónicos y la malla de los cables son conectados a ésta última.

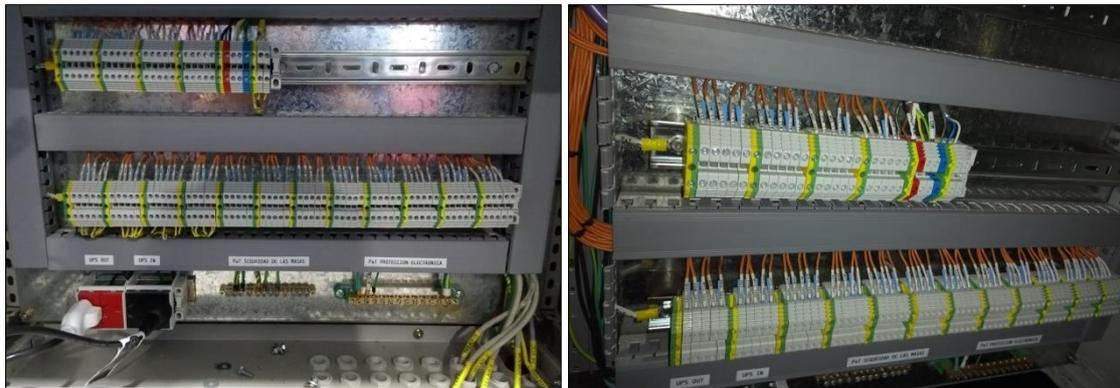


Figura N° 21. Borneras de conexión y tomas PaT.

6.2.3. Montaje de los elementos en el telar.

En lo que respecta al entorno del telar, se deberá instalar dentro del gabinete eléctrico del mismo, a aquellos componentes necesarios para servir de comando de señalización, de reset y parada, y a su vez brindar alimentación a los sensores e indicadores luminosos.

Estos elementos, que se muestran bordeados con un círculo en la figura N° 22, se corresponden a las borneras de paso, a dos relés de estado sólido, al pulsador luminoso y al piloto luminoso; estos dos últimos montados junto al panel del control de la maquina.

De esta manera, se logra una fácil e intuitiva interacción entre el sistema y el operador, a partir de una configuración de hardware sencilla que trae consigo un bajo costo de inversión.

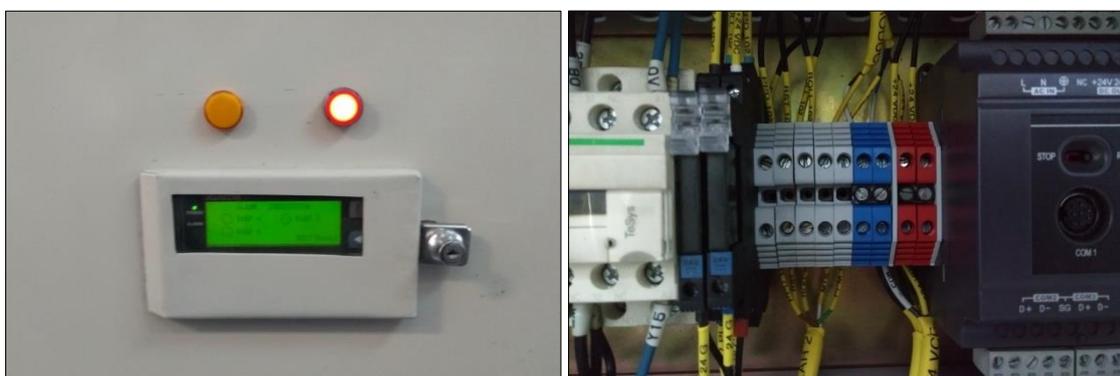


Figura N° 22. Elementos de comando y señalización del telar



6.2.4. Montaje del analizador de red.

Como es típico en toda instalación eléctrica en las industrias, el analizador MPR-47S es instalado en el panel frontal del TGBT, a fin de estar en cercanía con las barras de cobre que transportan y distribuyen toda la corriente que se consume de la red, la cual es luego cuantificada por medio de los transformadores de intensidad (TI), con una capacidad 1500/5 A. De esta manera, tomando lectura del voltaje y de la corriente de salida de los TI asociados con cada fase, el equipo es capaz de obtener un gran número de parámetros intrínsecos a la red de alimentación de energía eléctrica, que luego serán almacenados y analizados según se crea conveniente.

En la Figura N° 23, se muestra el montaje del analizador en la puerta del TGBT junto a tres pilotos luminosos que indican presencia de tensión en cada fase y, también, un esquema simple del circuito de conexión del equipo antes descripto:

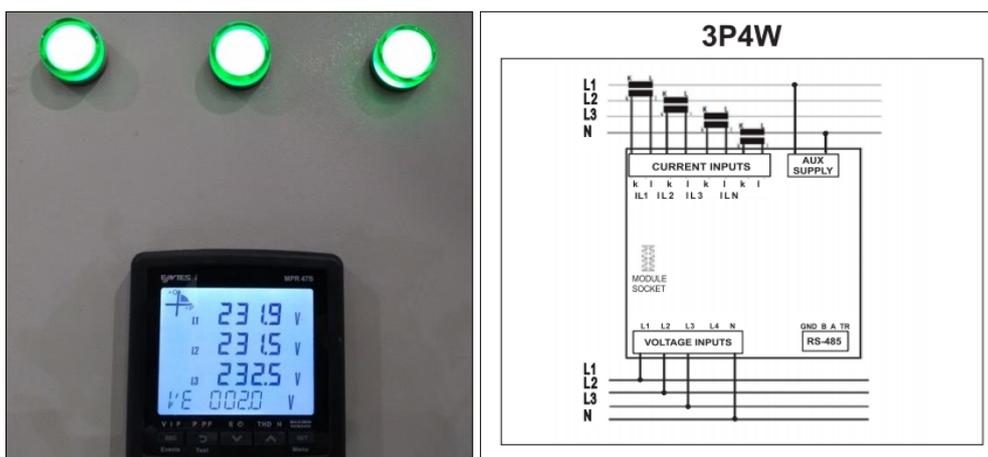


Figura N° 23. Montaje y diagrama de conexión del analizador MPR-47S.

7. Análisis del sistema en campo.

7.1. Montaje del sistema en planta.

El gabinete principal del sistema es montado en cercanía de los dieciséis primeros telares, a fin de disminuir las distancias y por ende las tareas y costos del sistema de cableado. El mismo se efectúa por medio de bandeja portacable perforada, de 150 mm de ancho, estando amurada a la estructura de la nave industrial y de las máquinas como se muestra en la imagen:



Figura N° 24. Disposición del sistema en planta.

Por otro lado, se muestra en también el espacio de trabajo del operador y su interacción con el pulsador y el piloto luminoso del sistema, los cuales fueron montados junto al panel de control de la máquina a fin de concentrar en el tablero central del telar, todos los elementos necesarios para su correcta operación.

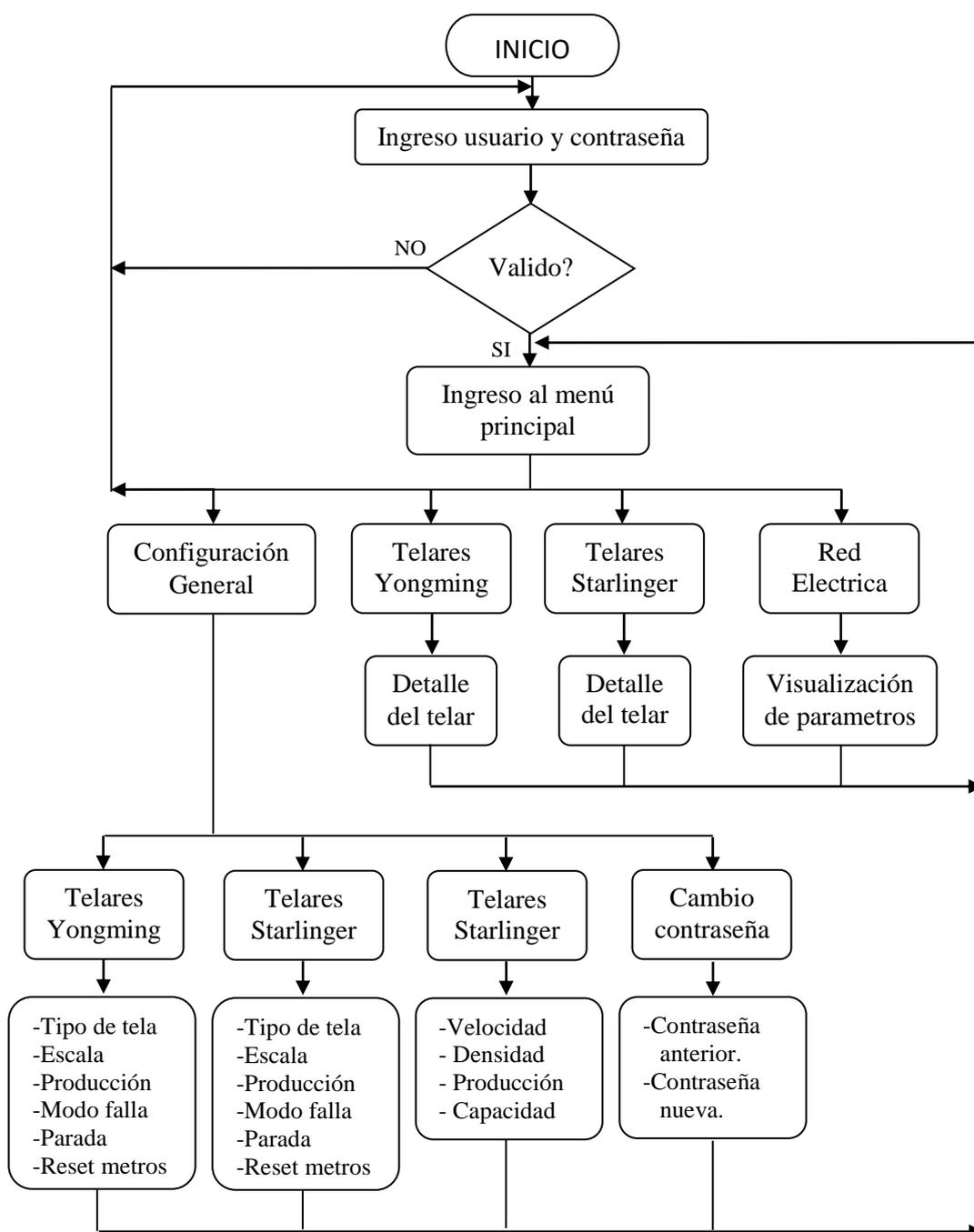


Figura N° 25. Montaje y diagrama de conexión del analizador MPR-47S.



7.2. Interacción del usuario y el sistema en el HMI.

En el presente capítulo, se procede a desarrollar una breve y concisa explicación sobre los diferentes menús y alternativas de configuración que se posibilitan a partir del uso del sistema. Así, en el siguiente diagrama, se indican los canales de navegación con que dispone el esquema de operación resultante, que será mostrado en pantalla del panel táctil Unistream de 10,4" que opera como HMI.





Al energizar el equipo, el sistema muestra la pantalla de inicio con la imagen de las bolsas de rafia de polipropileno que son elaboradas en la empresa textil en donde se ejecuto la puesta en marcha del proyecto en cuestión; esta es INDUBOL SA. Al tocar cualquier sector de panel, se le pide al usuario ingresar su nombre y contraseña, y en caso de ser la correcta, se muestra el botón “INGRESAR” que habilita el acceso al menú principal.



Figura N° 26.Pantalla de inicio al sistema.

Luego de pulsar el botón antes mencionado, se presenta el menú principal del sistema, distribuido en los dos esquemas mostrados en la figura N° 27. En ellas se distribuyen los distintos sectores de producción que posee hoy la empresa, los cuales se muestran a continuación y se resaltan en negrita solo aquellos que fueron desarrollados según el alcance del presente trabajo:

- Extrusora Lohia.
- Extrusora Yongming.
- **Telares Yongming.**
- **Telares Starlinger.**
- Laminadora Yongming.
- Laminadora Starlinger.
- Telares Lohia.
- Eslingas y cintilla.
- **Configuración general.**
- **Red eléctrica.**



De esta manera, el usuario podrá ingresar al sub-menú que sea necesario en la situación y llevar a cabo distintas funciones según lo permita el sistema.

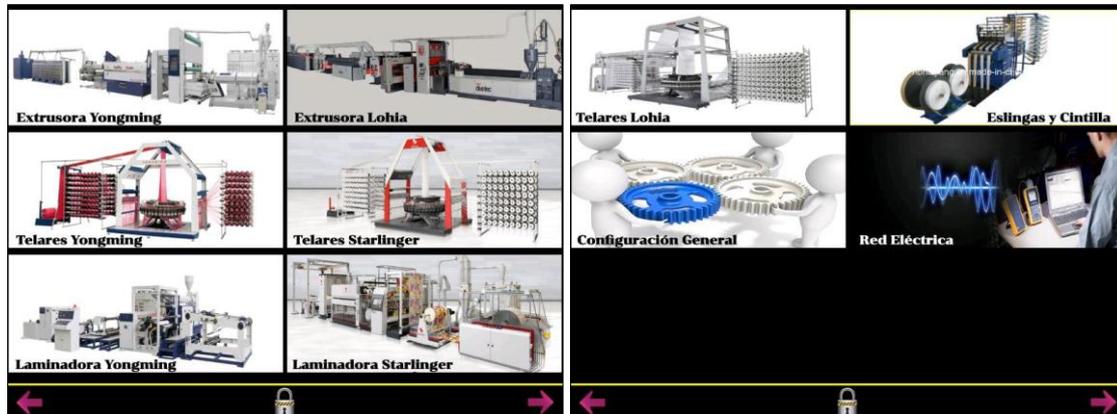


Figura N° 27. Menú principal del sistema SCADA.

En la figura N° 28 se expone de manera rápida y representativa, una vista superior de la distribución de cada tipo de telar en planta, ingresando previamente a las secciones denominadas “Telares Yongming” y “Telares Starlinger”, en donde se los identifica según su orden numérico, y se muestra el estado de operación ON/OFF, la producción acumulada del turno y finalmente la producción teórica con eficiencia del 100%.

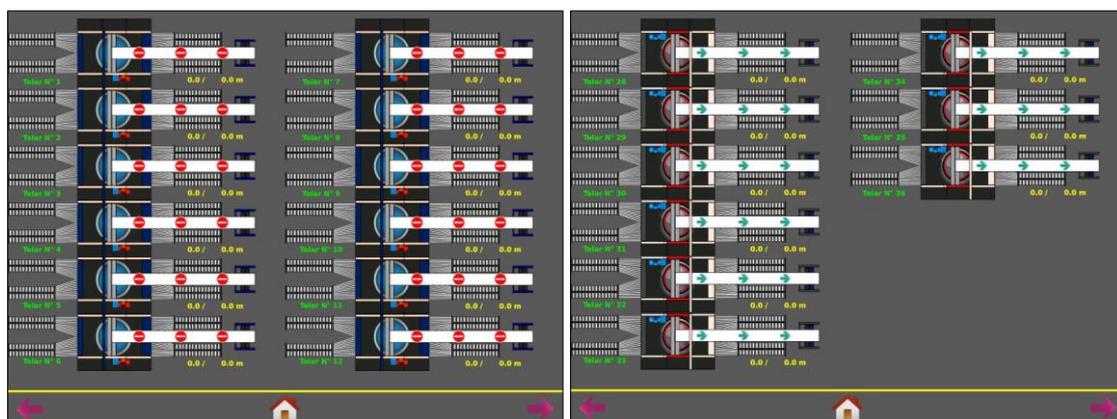


Figura N° 28. Esquema de “Telares Yongming” y “Telares Starlinger”.

Dentro de las secciones antes mencionadas, y en caso de que el usuario desee conocer más detalles sobre el estado de configuración y operación de un telar en particular, simplemente deberá tocarlo en el panel y el sistema mostrará una nueva pantalla, que incluye una imagen alusiva al mismo, con información relevante al proceso, tal como se observa en la figura N° 29.



A dicha información se la puede clasificar en dos grupos; por un lado los “*parámetros de operación*” que determinan las características teóricas que debe tener la máquina y el proceso, y los “*parámetros del proceso*” que muestran el valor de las variables de mayor interés de producción en tiempo real.



Figura N° 29. Detalle de un telar Yongming y uno Starlinger.

Por otro lado, y volviendo al esquema del menú principal, se procede a desarrollar la sección denominada “*configuración general*” la cual es mostrada en detalle en la figura N°30.

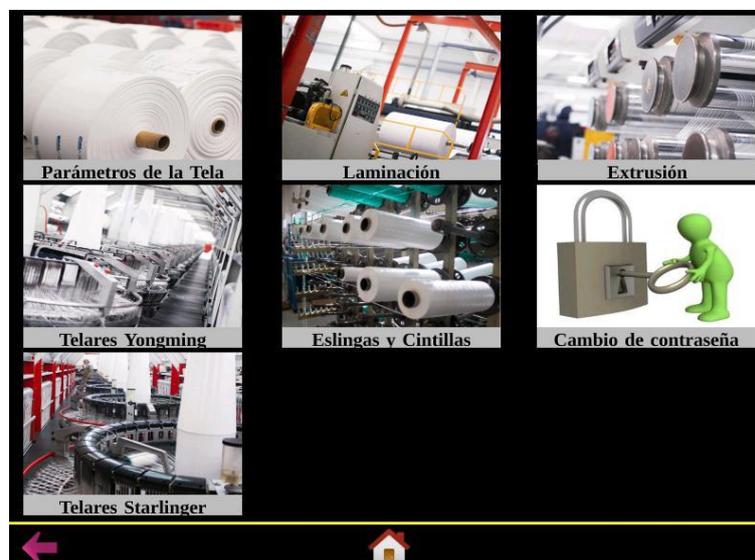


Figura N° 30. Apartado de configuración general.

Dentro de la misma nos encontramos con otro sub-menú donde nuevamente, como en el caso anterior, se muestran y luego se resaltan en negrita solo aquellos que fueron desarrollados, siendo:



- **Parámetros de tela.**
- Laminación.
- Extrusión.
- **Telares Yongming.**
- Eslingas y cintillas.
- **Cambio de contraseña.**
- **Telares Starlinger.**

En la figura N° 31 se presenta el esquema de trabajo cuando el usuario ingresa a las secciones denominadas “*Parámetros de la Tela*” y “*Telares Yongming*”.

Así, en la imagen de la izquierda se configuran los parámetros estándar para cada tipo de tela, pudiendo elegirla velocidad optima a la que el telar debe operar al producir ese tejido, la densidad de trama del mismo, la producción teórica que se debe alcanzar en un turno, y los metros de tela que se deben acumular el rollo para ser cambiado.

Tipo de tela »	Tela Base Y	Tela Base S	Tela Cristal	Tela Común	Tela Big Bag
Velocidad »»»	1000 ppm	1000 ppm	1000 ppm	988 ppm	1000 ppm
Densidad »»»	37 ppd	37 ppd	37 ppd	37 ppd	37 ppd
Producción »»	1500.0 m	1500.0 m	1500.0 m	1500.0 m	1500.0 m
Capacidad »»»	5000.0 m	5000.0 m	5000.0 m	4000.0 m	1000.0 m

Telar N° 1	Telar N° 2	Telar N° 3	Telar N° 4	Telar N° 5	Telar N° 6
Común	Base S	Base S	Base S	Base S	Base S
7.32 mm	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm
Producc.	Producc.	Producc.	Producc.	Producc.	Producc.
Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla
Encendido	Encendido	Encendido	Encendido	Encendido	Encendido
RESET	RESET	RESET	RESET	RESET	RESET
Telar N° 7	Telar N° 8	Telar N° 9	Telar N° 10	Telar N° 11	Telar N° 12
Base S	Base S	Base S	Base S	Base S	Base S
0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm	0.00 mm
Producc.	Producc.	Producc.	Producc.	Producc.	Producc.
Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla	Sin Falla
Encendido	Encendido	Encendido	Encendido	Encendido	Encendido
RESET	RESET	RESET	RESET	RESET	RESET

Figura N° 31. Secciones “Parámetros de la tela” y “Telares Yongming”.

Luego, en la imagen de la derecha se muestra el esquema de configuración y operación para cada telar particular. En el mismo, el operador debe indicar que tipo de tela se está produciendo, a fin de comparar los estándares de la misma con los de operación en tiempo real. También, se debe ingresar el factor de escala para el cálculo de la producción indicado en el cap. 6-B.I, y se podrá realizar, además, otro tipo de acciones, como la de resetear la cantidad de metros de tela acumulados en el rollo,



detener el telar manualmente, desactivar el sistema de control de densidad de trama del tejido y desactivar el contador de producción.

Finalmente, solo queda describir la sección en donde se analiza la red principal de energía eléctrica que alimenta la nave industrial. En esta oportunidad, el esquema se presenta en la figura N° 31 y 32, y se compone de tres pantallas; en la primera se muestra el voltaje entre las fases R-S-T y la corriente en cada una de ellas, en la segunda, la potencia reactiva y aparente con registro de valores máximos, el factor de potencia promedio, la demanda presente y la máxima, en un período de 15min, y en la tercera, la distorsión armónica total (THD) en voltaje y en corriente para cada una de las fases, a fin de analizar la calidad de la energía consumida.

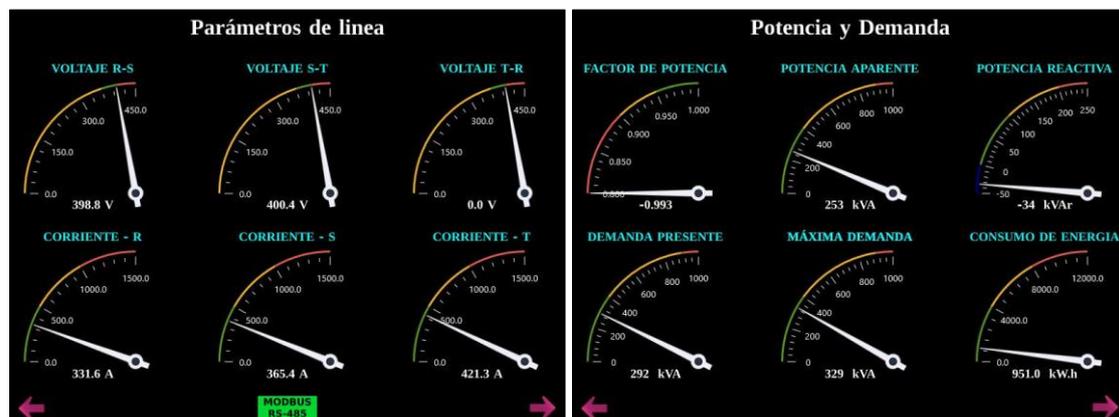


Figura N° 31. Análisis de tensiones, corriente y demanda de la red.

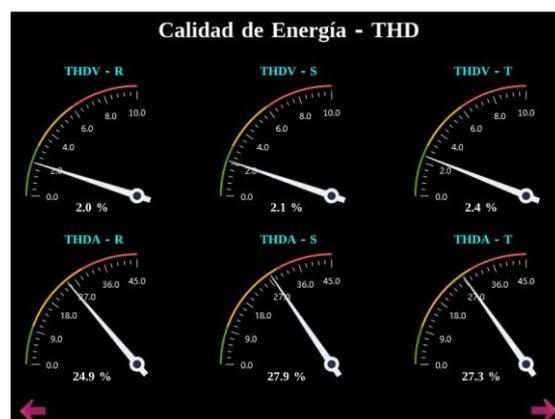


Figura N° 32. Análisis de las distorsiones en la red.



8. Conclusión.

A fin de culminar con el desarrollo del proyecto hasta aquí expuesto, se expresa como resultado final que, a partir de la adecuada elección de componentes y de su relación precio-prestación, resulta factible y conveniente desarrollar un sistema SCADA, basado en un servidor WEB, con características propias, personalizado y exclusivo para ámbito de aplicación. De esta manera, y en contracara con los SCADA convencionales y de aplicación general, se busca explotar al máximo el potencial de los equipos utilizados, apuntando a los nichos de necesidad que el proceso tenga, y luego continuar con su implementación hacia los sectores que la cadena de producción incluya, resultando así, en este caso particular, el esquema de menú planteado en las imágenes de la sección 7.1.

No obstante, se debe considerar que el sistema bajo crítica, necesita en paralelo del desarrollo de un servidor local, como también lo necesitaría un SCADA comercial, con una base de datos estructurada y bien organizada, en la que serán almacenados datos de producción, de operación de las máquinas y un registro cronológico de la demanda de energía de la fábrica.

Queda pendiente la continuidad y ampliación del proyecto, tanto en software como en hardware, hacia el resto de los telares, recordando que en este caso sólo se analizan dieciséis sobre un total de treinta y seis, y hacia el resto de las áreas de la empresa, las cuales fueron introducidas en el presente, pero aún no han sido desarrolladas.



9. Bibliografía.

[1]de Castro Lozano, Carlos, y Cristobal Roméro Morales. «Universidad de Córdoba, España.» <http://www.uco.es/grupos/eatco/automatica/ihm/descargar/scada.pdf> (último acceso: 15 de Julio de 2018).

[2]*Entes Electronics*. http://www.enteselectronics.com/mpr_47s.html (último acceso: 12 de Agosto de 2018).

[3]*GENROD - Instalaciones Seguras*. <https://www.genrod.com.ar/productos/linea-gabinetes/s97> (último acceso: 22 de Agosto de 2018).

[4]«IFM Argentina.» <https://www.ifm.com/ar/es/product/IE5338> (último acceso: 5 de Agosto de 2018).

[5]Pérez López, Esteban. «Universidad de La Rioja, España.» <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf> (último acceso: 10 de Julio de 2018).

[6]*Unitronics PLC*. <https://unitronicsplc.com/unistream-series-unistream104/> (último acceso: 5 de Agosto de 2018).

[7]*Unitronics PLC*. https://unitronicsplc.com/Download/SoftwareHelp/UniLogic_Knowledgebase/Remote_I_Os__via_EX-RC1.htm.

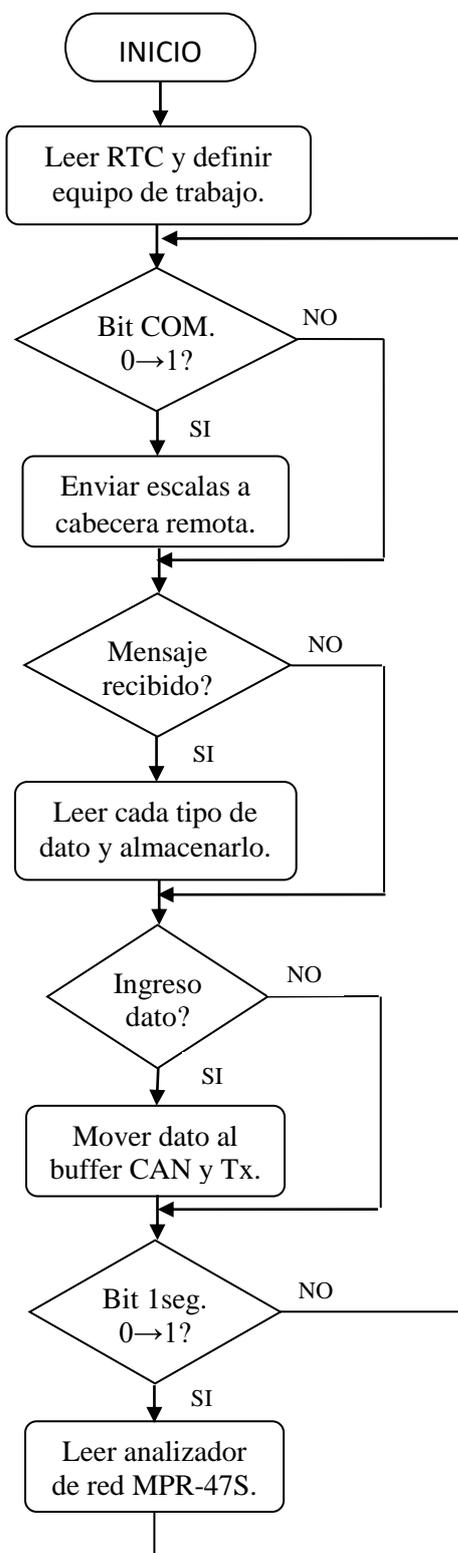
[8]*Unitronics PLC*. https://unitronicsplc.com/Download/SoftwareHelp/UniLogic_Knowledgebase/SQL_Connector.htm (último acceso: 20 de Agosto de 2018).

[9]Unitronics. «SQL Server Express: Setting up for UniStream.» Guía de Usuario.



10. Anexos

10.1. Diagrama de flujo del programa de la MTU.



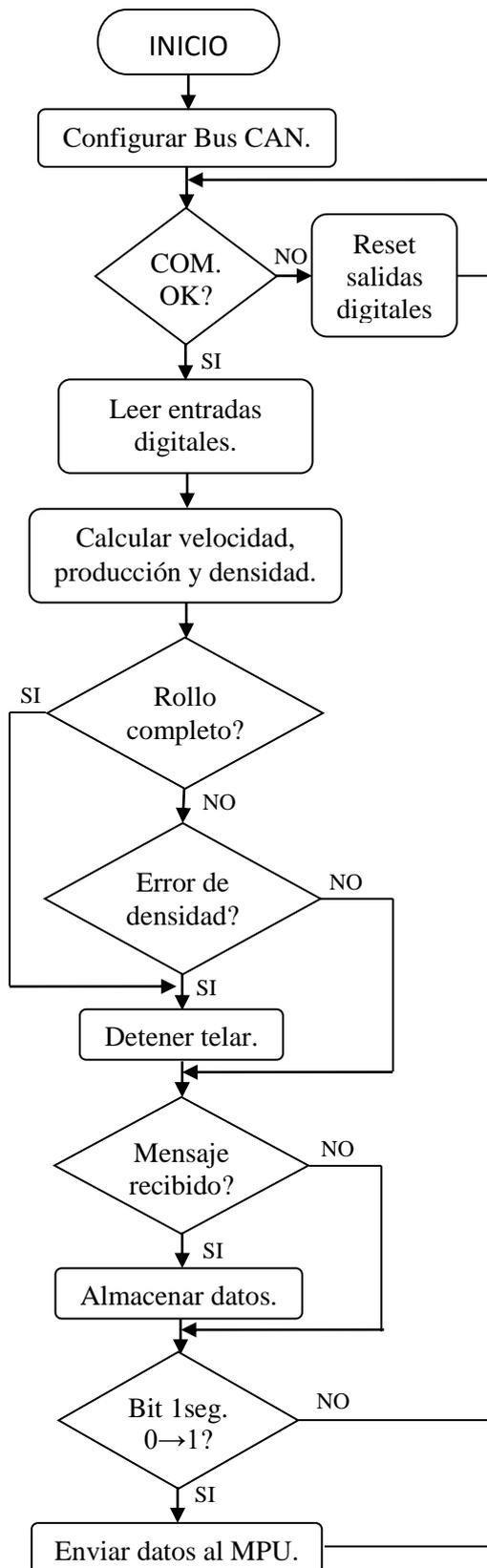
En el diagrama de la izquierda, se muestra un resumen de las funciones principales que, a nivel de software, son ejecutadas por la MTU.

Al iniciar el sistema, debe reconocer dentro de que franja horaria se encuentra a fin de poder almacenar, en el espacio de memoria correcto, los datos recibidos desde la estación remota. Cuando se establece la comunicación, existe un bit que ejecuta una transición desde el estado lógico de cero a uno, y es en ese momento donde se deben enviar el factor de escala y la densidad de trama que corresponde a cada telar, a fin de que la RTU la tome como referencia para procesar la información, ya que la misma no dispone de memoria para la retención de variables. Luego, si se recibe un mensaje por el bus CAN, se debe reconocer que tipo de dato es a fin de moverlo desde el buffer de recepción hacia la variable que corresponde. De modo similar, si el usuario ingresa un cambio en el factor de escala o en la densidad de trama, la información deberá ser enviada al buffer de transmisión del bus para ser enviada.

Finalmente, haciendo uso del bit de estado cuyo valor conmuta cada medio segundo, se efectúa la lectura de las variables del analizador de red del TGBT.



10.2. Diagrama de flujo del programa del equipo remoto.



Con el objeto de quitarle tareas de procesamiento a la MTU y aprovechando que la RTU tiene la capacidad de hacerlo, se realiza un pre-procesamiento de las señales digitales de entrada dentro de la misma.

En primer lugar se constata que la comunicación con la MTU sea efectiva a fin de constatar que las referencias actuales sean las correctas. En caso de que cumplir con lo anterior, se ingresa a la rutina principal, comenzando por leer el estado de las entradas digitales para poder calcular la velocidad, la producción y la densidad de trama de cada telar. En caso de recibir el dato de que el rollo llegó a los metros deseados, o en caso de detectar que la densidad esté fuera de rango, se detiene la maquina y se habilita el pulsador para resetear dicha parada. Luego, se comprueba si se recibió algún mensaje y en caso de ser afirmativo se almacena estos valores en las variables que corresponde. Finalmente, y como en el caso anterior, se utiliza el bit de estado para enviar, una vez por segundo, los valores de velocidad, producción y densidad de trama previamente calculados.



10.3. Ficha técnica de componentes.

En el siguiente apartado, se exponen las características técnicas, compartida por los fabricantes, de los principales componentes y equipos involucrados en el sistema desarrollado, a fin de que el lector pueda profundizar en información relevante al tema.

Las fichas se adjuntan en el siguiente orden:

- Unitronics, Unistream HMI panel.-
- Unitronics, Unistream CPU para HMI panel.-
- Unitronics, EX-RC1, Adaptador e/s remotas.-
- Unitronics, IO-DI16, Modulo expansión entradas remotas.-
- Unitronics, IO-TO16, Modulo expansión salidas remotas.-
- Entes, MPR-47S, Analizador de red.-
- Weidmüller, TOS24VDC, SSR.-
- IFM, IE5338, Sensor inductivo M8.-
- Omron, E2B, Sensor inductivo M12.-
- Schneider, Harmony XB5, Pulsador luminoso.-
- Schneider, Harmony XB7, Piloto luminoso LED.-
- Lapp Group, ÖLFLEX[®] CLASSIC 130 H, Cable de alimentación.-
- Lapp Group, UNITRONIC[®] LiYCY, Cable de datos.-