



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PRACTICA PROFESIONAL

AUTOMATIZACIÓN ÁREA DE HIDRATACIÓN INCAL S.A.

, RYD INDUSTRIAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

SUSTENTADO POR:

JUAN CARLOS DUBÓN PORTILLO 21411170

ASESOR:

ING. JAVIER VILLANUEVA

CAMPUS SAN PEDRO SULA, JULIO 2018

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y a Dios

No me alcanzan las palabras para expresar lo feliz que me siento de alcanzar esta meta tan importante en mi vida, y sobre todo feliz por la sonrisa que veré reflejada en el rostro de mis padres que a lo largo de esta travesía han hecho hasta lo imposible para apoyarme y verme bien, sus recuerdos han sido mi fuerza en los momentos difíciles y mi luz en los momentos inciertos. Hoy estamos alcanzando esta meta juntos que tanto hemos soñado mis amados papás. Guiado, apoyado y siempre bendecido por Dios que ningún momento me dejo solo.

A mis maestros

A lo largo de toda mi carrera he compartido con muchos maestros que con sus conocimientos empíricos y conocimientos científicos han hecho de mí una mejor persona, muchas gracias por toda su paciencia, esmero y alegría a la hora de formarme.

A mis seres queridos

En este punto hay tantos familiares, amigos, compañeros que mencionar, por lo cual hablo de forma general, ya que con su ayuda hicieron este camino mejor. Siempre los llevo en mi mente y corazón. Especial agradecimiento a la asociación Fulbright de Honduras y a UNITEC por depositar toda su confianza y ayuda a mi persona, ellos me cambiaron la vida a mí y a mi familia, también al PhD Deras, a la profesora Santos y a todos los maestros de mi querida Normal. "Una persona nunca muere mientras su recuerdo siga vivo en nosotros", especial dedicatoria para mi abuelo Israel que desde el cielo sé que estará orgulloso de ver que el día en que me convertiré en un profesional ya llevo.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	2
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	2
2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO.....	3
2.3 OBJETIVOS.....	3
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL.....	4
.....	4
3.1.1 PROCESO DE HIDRATACIÓN DE CAL	6
3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN EN INCAL.....	7
3.2 SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL, Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)	10
3.2.1 PLC	12
3.2.2 SISTEMAS DE LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO.....	14
3.2.2 MOTOR DE INDUCCIÓN	18
3.2.3 ELECTRO VÁLVULAS	20
3.2.4 SENSOR INDUCTIVO	22
3.2.5 SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA.....	24
3.2.6 SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO.....	27
3.2.7 PID	28
3.2.8 VARIADOR DE FRECUENCIA.....	30
3.3 ENTREGABLES Y ALCANCE DEL PROYECTO DE AUTOMATIZACIÓN	31
IV. METODOLOGÍA	33
4.1 VARIABLES DEPENDIENTES.....	33

4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES.....	33
4.3 ENFOQUE Y MÉTODO.....	33
V. RESULTADOS.....	35
VI. APORTACIONES.....	37
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	40
IX. ANEXOS.....	42
Anexo 1. Ajustes en panel eléctrico de control Hondu-Café.....	42
Anexo 2. Visita #1 a empresa INCAL.....	43
Anexo 3. Levantamiento en empresa INCAL.....	43
Anexo 4. Elaboración SCADA para Sula Valley.....	44
Anexo 5. Visita de campo en Sula Valley.....	45
Anexo 6. Visita de campo en Sula Valley.....	45
Anexo 7. Reparación problema de comunicación protocolo RS232 de máquina tensora en Plásticos Gamoz.....	46
Anexo 8. Revisión problema de comunicación protocolo RS485 entre PC industrial de Phoenix Contact con software Cocos EDS de Man and Diesel en motor #14 de ENERSA..	47
Anexo 9. Conexión física, cableado eléctrico y programación de sensores de pH y conductividad en GILDAN Rio 6.....	48
Anexo 10. Rehabilitación y programación de DEMO iO-Link.....	49
Anexo 11. Conexión y configuración de red de medidores de energía en INCAL.....	50
Anexo 12. Revisión banco de capacitores por problema de arco en contactor en INCAL ...	50
Anexo 13. Reporte de consumo desarrollado en HTML de envío diario automático a gerentes de INCAL.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Algunas marcas con las que trabaja RYD.....	2
Ilustración 2 Proceso general de producción de Cal.....	4
Ilustración 3 Diagrama de proceso del Área de Hidratación.....	8
Ilustración 4 Estado normal de equipo en área de hidratación.....	9
Ilustración 5 PLC de Phoenix Contact.....	12
Ilustración 6 Clasificación de los actuadores.....	17
Ilustración 7 Motor de inducción.....	18
Ilustración 8 Electro Válvula.....	20
Ilustración 9 Válvula manual con la que se regula el agua que ingresa a la hidratadora.....	21
Ilustración 10 Sensor Inductivo ifm.....	22
Ilustración 11 Sistema de medición de operatividad de motores.....	23
Ilustración 12 Sensor de humedad relativa Hidromyx.....	27
Ilustración 13 Sensor ultrasónico ifm.....	28
Ilustración 14 Diagrama de bloques de control PID.....	29
Ilustración 15 Variador de frecuencia weg.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Entregables y Alcance de automatización hidratación.....	31
------------------------------------------------------------------	----

GLOSARIO

- **Cal:** es una sustancia alcalina de color blanco o blanco grisáceo que al contacto con el agua, se hidrata o se apaga, desprendiendo calor.
- **Conductímetro:** es un dispositivo diseñado para medir una característica de todos los materiales que es la conductividad. La conductividad se mide en Siemens*m²/m, o lo que es lo mismo Sm*m. Siemens es una unidad, por el área transversal del conductor, sobre la longitud del conductor (Un conductor más "grosso" conduce más y uno más largo menos). En pocas palabras la conductividad dice que tan fácil atraviesa la electricidad a ese material.
- **Diagrama unifilar:** es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella.
- **Frecuencia:** la Frecuencia de la corriente alterna constituye un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo y puede abarcar desde uno hasta millones de ciclos por segundo o Hertz (Hz).
- **Gabinete eléctrico:** es una caja que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico.
- **HTML:** es un lenguaje de marcado que se utiliza para el desarrollo de páginas de Internet. Se trata de la sigla que corresponde a HyperText Markup Language, es decir, Lenguaje de Marcas de Hipertexto, que podría ser traducido como Lenguaje de Formato de Documentos para Hipertexto.
- **pH-metro.** es un instrumento que tiene un sensor (electrodo) que utiliza el método electroquímico para medir el pH de una disolución.
- **Protocolo RS232:** El protocolo RS-232 es una norma o estándar mundial que rige los parámetros de uno de los modos de comunicación serial. Por medio de este protocolo se estandarizan las velocidades de transferencia de datos, la

forma de control que utiliza dicha transferencia, los niveles de voltajes utilizados, el tipo de cable permitido, las distancias entre equipos, los conectores, etc. Además de las líneas de transmisión (Tx) y recepción (Rx), las comunicaciones seriales poseen otras líneas de control de flujo (Hands-hake), donde su uso es opcional dependiendo del dispositivo a conectar.

- **Protocolo RS485:** es un estándar de comunicaciones que es ampliamente usado en aplicaciones de control y adquisición de datos.
- **SCADA:** acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente informe de práctica profesional se da a conocer una descripción de las diversas actividades y asignaciones que realicé en la empresa Ramón y Dania Industrial (RYD), empresa en la cual me capacité y desarrollé en áreas a fines a la mecatrónica, obteniendo conocimientos que me serán muy útiles a lo largo de mi profesión como ingeniero.

La estructura del informe está conformada por siete capítulos al tener una orientación de cronología. Capítulos en los cuales se prioriza dar a conocer datos generales de la empresa, conceptos teóricos de todos los equipos, sistemas y software utilizados, el tipo de enfoque metodológico, una descripción de todo el diverso trabajo realizado en el período de práctica, finalizando con las conclusiones y las recomendaciones tanto para la empresa como para la universidad.

Cualquier sistema controlado puede serlo de dos maneras, si nos ceñimos a los caminos de la información dentro del mismo: -Confianto absolutamente en que los parámetros de diseño son correctos y que las órdenes que enviemos al sistema serán cumplidas. -Vigilando continuamente que las órdenes enviadas se cumplen y realizando las correcciones adecuadas siempre que sea necesario. (Penin, 2011).

I. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

RXD Industrial es una empresa creada con el fin de ofrecer soluciones en el campo de la automatización, instrumentación y control. Fue fundada en julio del 2003, desde hace varios años han logrado posicionarse entre los mejores en el mercado hondureño. Ofrecen al mercado una gama de soluciones con productos en el campo eléctrico, y mecánico con la representación de un grupo de marcas de prestigio mundial.

Ya que la empresa cree fielmente en los principios morales y en que las relaciones deben ser ganar-ganar, están apostando al crecimiento en nuevos mercados sabiendo que son una solución, esperando poder tener la oportunidad brindar sus servicios a muchas empresas en un futuro cercano.

RXD Industrial al ser una empresa dedicada a la automatización de procesos industriales toma como prioridad estar siempre a la vanguardia en el área tecnológica, estableciendo relaciones comerciales con muchas marcas de prestigio productoras de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, capacitando constantemente a su personal en el extranjero para desarrollar las más altas habilidades y conocimientos en este mundo tecnológico emergente.



Ilustración 1 Algunas marcas con las que trabaja RYD

Fuente: Sitio web de RYD Industrial.

2.2 DESCRIPCION DEL DEPARTAMENTO

Proyectos especiales es el departamento encargado de llevar a cabo los proyectos que tienen que ver con la parte del control en la automatización, desde la parte de levantamiento de equipo, programación, diseño y montaje de SCADA, hasta la parte de la elaboración de los informes de proyecto y diagrama unifilares, contando con un grupo de ingenieros electrónicos y mecánicos con muchos años de experiencia en el campo laboral siendo su especialidad la automatización de diversos sistemas de producción industriales.

2.3 OBJETIVOS

Según (Gido y Clements, 2012), "El objetivo del proyecto se define por lo general en función del producto final o entregable del programa y del presupuesto, se deben incluir los beneficios esperados que resultarán de la implementación y definirán el éxito del proyecto. El objetivo de un proyecto debe ser claro y acordarse entre el patrocinador o cliente y el equipo de proyecto o contratista que lo ejecutará. Debe ser alcanzable, específico y medible".

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar la automatización del área de hidratación para disminuir el número de producto dañado por humedad en la cal.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar programación de PLC y elaborar sistema SCADA para el área de hidratación.
- Identificar áreas de mejora en las instalaciones de hidratación previo a realizar el proyecto de automatización.
- Diseñar diagramas unifilares y elaborar gabinetes eléctricos a utilizar en el proyecto.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAL

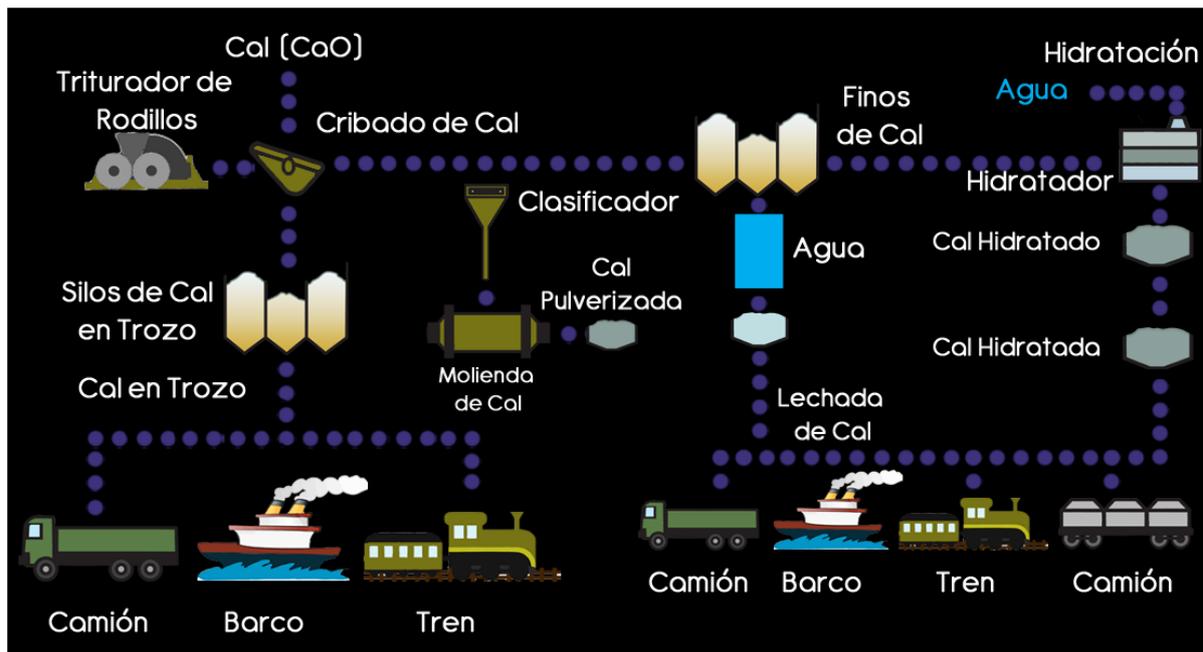


Ilustración 2 Proceso general de producción de Cal

Fuente: Sitio web de ANFACAL.

El proceso de generación de cal puede desarrollarse de forma general o de forma específica, esto dependerá directamente del objetivo de producción a conseguir. En este caso la empresa en la cual se está desarrollando el proyecto forma parte al grupo mexicano CALIDRA, el cual lleva más de 100 años liderando la industria calera.

Según (Álvarez, 2008), "La cal, tomando las precauciones en el manejo de la misma con respecto a evitar accidentes, puede ser utilizada en todos los procesos químicos, mineros, metalúrgicos e industriales, en que ésta es requerida, ya sea como cal viva granulada, cal viva molida, cal apagada, lechada de cal y otras formas pertinentes".

La versatilidad del uso de la cal, es tan grande que llega a ser pieza fundamental de un gran número de procesos industriales, por lo cual los estándares de calidad que se manejan en su producción son muy altos.

La empresa que forma parte del grupo CALIDRA en Honduras se llama INCAL, la cual está situada en la comunidad de pimienta, en el departamento de Córtes. Los

diferentes procesos simplificados que llevan a cabo las empresas del grupo CALIDRA para producir cal, son los siguientes:

- Extracción: Se retira material vegetal, procediendo a perforar según el plan de minado diseñado, cargando después los explosivos para el tumba, se carga el material ya fragmentado y se transporta al sistema triturador.
- Trituración: Los fragmentos de roca se reducen de tamaño tamizándolos, ya homogéneos, se transportan mediante bandas hacia los hornos; para rotatorios se requieren tamaños pequeños.
- Calcinación: La cal se produce por cocción de las rocas calizas mediante flujos de aire caliente que circula en los huecos o poros de los fragmentos rocosos; las rocas pierden bióxido de carbono produciéndose el óxido de calcio. Debido al tamaño y forma homogénea de los fragmentos, la cocción ocurre de la periferia hasta el centro quedando perfectamente calcinada la roca.
- Enfriamiento: Posteriormente se somete a un proceso de enfriamiento para que la cal pueda ser manejada y los gases calientes regresen al horno como aire secundario.
- Inspección: El proceso siguiente es la inspección cuidadosa de muestras para evitar núcleos o piezas de roca sin calcinar.
- Cribado: Se somete a cribado separando a la cal viva en trozo y segmentos de la porción que pasará por un proceso de trituración y pulverización.
- Trituración y pulverización: Este paso se realiza con el objeto de reducir aún más el tamaño y así obtener cal viva molida y pulverizada, la cual se separa de la que será enviada al proceso de hidratación.
- Hidratación: Consiste en agregar agua a la cal viva para obtener la cal hidratada. A la cal viva y la cal alta en calcio se le agrega agua y es sometida a un separador de residuos para obtener cal hidratada normal. Únicamente la cal viva pasa por un hidratador a presión y posteriormente a molienda para obtener cal siderúrgica hidratada a presión.

- Envase y embarque: La cal es llevada a una tolva de envase e introducida en sacos y transportada a través de bandas hasta el medio de transporte que la llevará al cliente.

Todas las partes del proceso son de mucha importancia, aunque hay una que particularmente se torna bastante crítica, hidratación lleva por nombre, y esto es a raíz de varias razones. En esta parte de forma el hidróxido de cal, en el cual la tolerancia de gránulos en cal es 0, por los altos estándares de calidad que se manejan y por los múltiples sacos de cal que explotan al reaccionar la cal con la humedad al momento de ya estar empaquetada.

3.1.1 PROCESO DE HIDRATACIÓN DE CAL

En el caso de INCAL el proceso de hidratación comienza con el transporte del óxido de calcio desde el silo de almacenamiento ubicado en el área de calcinación, luego pasa por el molino, pre-hidratadora e hidratadora, en donde es convertido en hidróxido de Calcio, hasta terminar en los silos de construcción (250 TON) o el silo de química (80 TON). El transporte se realiza mediante Bandas, helicoidales y elevadores. Para convertir el óxido de calcio en hidróxido de calcio se le agrega agua en una cantidad determinada.

De acuerdo con (Barbudo, 2015), "En la etapa de hidratación se da un proceso exotérmico, el cual consiste en que cuando a la cal viva se le agrega agua, la reacción libera calor".

Actualmente para controlar cantidad de agua que ingresa a la hidratadora, es mediante un control completamente manual, el operador basado en su experiencia abre o cierra una válvula, para poder mantener la humedad relativa del hidróxido de calcio a la salida de la hidratadora. Dicho en otras palabras no tienen el equipo necesario para poder determinar la relación litros de agua / ton de producción, lo cual es de suma importancia, ya que actualmente el no contar con este sistema de hidratación de forma automática, las posibilidades de que el producto no cumpla con

las normas de calidad establecidas son mayores. Teniendo que volver a reprocesar este producto, incrementando los costos de producción y las probabilidades que las bolsas estallen a la hora del envasado del producto son mayores.

Por lo cual el automatizar el proceso de hidratación, haría más eficiente la producción y disminuiría considerablemente la cantidad de material perdido por problemas de humedad.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN EN INCAL

Bandas helicoidales son las encargadas de transportar el producto entre los diferentes procesos que se realizan en el área de hidratación. Dicho equipo no cuenta con un sistema de monitoreo remoto, por lo cual la única forma de darse cuenta que un equipo falló es estando en campo, lo que no resulta nada favorable para la empresa. El contar con un sistema de monitoreo remoto de todos los equipos hace más competente y productiva a la empresa, hay una notable disminución de tiempos muertos por fallas, disminución de producto perdido, así como un aumento de competencia al comenzar con un sistema de automatización en la empresa. Y para dar ese paso de calidad se necesita solventar otro problema en el proceso el cual radica en que los equipos no cuentan con una lógica de control para tomar acciones ante problemas puntuales, lo cual es una desventaja y muy grande en especial para estos procesos en cadena, si falla uno todos los demás lo harán, provocando mayor consumo, daño de en los equipos, pérdida de producto, entre otros.

Incluso los silos de almacenamiento de producto no cuentan con el equipo necesario para el monitoreo de nivel, lo cual son problemas que afectan a todo el proceso en general.

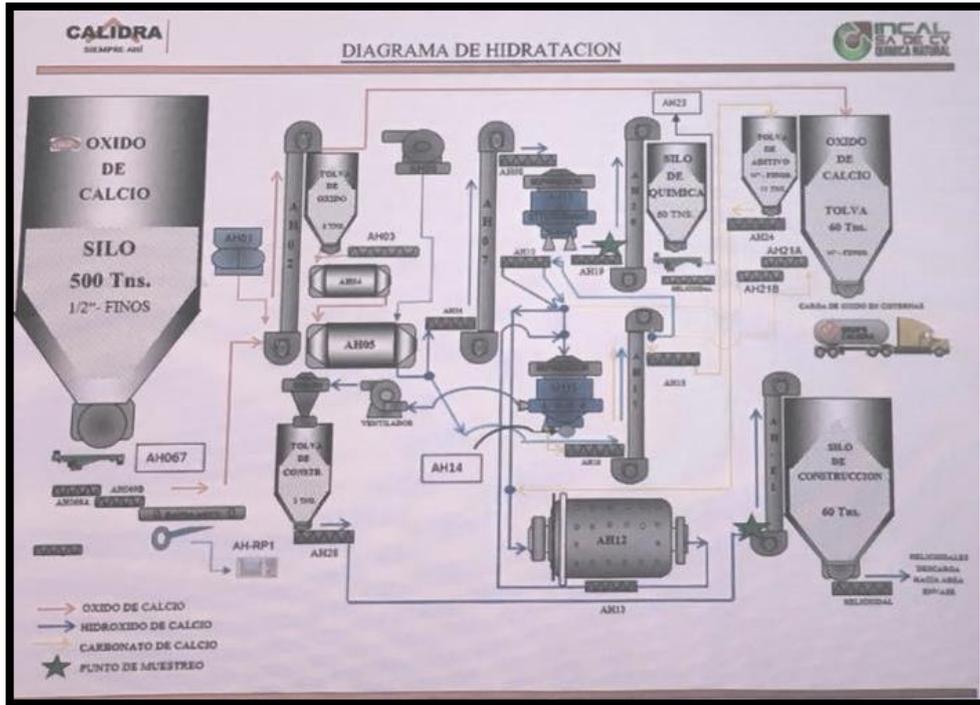


Ilustración 3 Diagrama de proceso del Área de Hidratación

Fuente: Gerencia INCAL.

Siendo hidratación el área más grande en cuestiones de equipo, el poder tener un mejor control de los mismos aumenta la calidad de la gestión del proceso, el área no contaba con ningún sistema centralizado-automático por lo cual si había falla se necesitaba un supervisor que se diera cuenta y fuera al cuarto de control a parar secuencialmente las maquinas del proceso incluso sin saber cuáles estaban a mitad de operación, lo cual podría dañar el equipo de precio muy elevado y que podría hasta parar la planta, lo cual representa un escenario poco escenario desde donde se quiera ver o analizar.

El reto de la automatización del área de hidratación es bastante grande a causa de varias razones; la cantidad de equipos utilizados, las secuencias en los procesos de producción, la variedad en las variables de proceso, las hostilidad del ambiente de trabajo, entre otras.

Una consideración importante al momento de analizar el proceso de hidratación es que el hidróxido de calcio al salir de la hidratadora puede tomar dos vías una hacia el

tanque de almacenamiento de química y la otra hacia el tanque de almacenamiento de construcción, al momento de realizarse la lógica de programación.

Considerar una falla en un equipo dentro de este proceso es importante ya que se debe programar las diferentes maniobras que debe realizar el sistema, para tener las mínimas incidencias posibles. En este caso antes de iniciarse con cualquier paso, primero se debería entender en totalidad cada parte del proceso, para saber qué equipo parar y las cosas que se deberían de hacer para reactivar el sistema o solventar la falla lo antes posible.

Tomar las medidas de precaución pertinentes por cuestiones del ambiente es de suma importancia, ya que no hay mayor enemigo para los dispositivos electrónicos que el polvo o similares.



Ilustración 4 Estado normal de equipo en área de hidratación

Fuente: Propia.

3.2 SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL, Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

Según (Casa, 2010), " SCADA; es decir control de supervisión y adquisición de datos. O, para decirlo de otro modo: Visualización, control y recopilación de datos operativos".

En este mundo tan competitivo y de desarrollo tecnológico estar a la vanguardia de las innovaciones es sumamente importante para poder destacar ante la competencia. Los sistemas SCADA son los precursores del aumento de productividad de un sin número de empresas alrededor del mundo, ya que apoyan directamente a la detección de errores de un sistema completo de producción, características operacionales, toma de decisiones en el proceso, registro de datos, reportaría de datos, entre otras funciones específicas. Lo mejor de todo es que se pueden lograr todos esos aspectos de manera centralizada sin tener que estar yendo o teniendo alguien en campo, por lo cual se puede lograr una disminución considerable en los tiempos muertos por paros inesperados de equipos.

Actualmente INCAL cuenta con un SCADA en el área de hidratación con el que únicamente se puede visualizar si 5 motores del proceso arrancan o no, lo cual es poco o nada funcional para la empresa, ya que esos motores forman parte de las bandas helicoidales de transporte, en un caso se llegase a romper una banda o una cadena no se podrían dar cuenta si el transporte falla ya que el motor seguirá trabajando, nada más que lo hará en vacío, lo cual provoca gasto innecesario de energía al estar girando el motor sin realizar función alguna además que el producto se estará acumulando y votando al estar parado el proceso, lo que hace que las siguientes etapas después de la falla trabajen en vacío pudiendo ocasionar daños en el equipo.

De acuerdo con (Bolton, 2013), " SCADA cada vez garantizan más unos procesos más flexibles, eliminan la tensión sobre el usuario, se encargan de cada vez más tareas rutinarias de forma automatizada, "piensan" junto con la tarea y aumentan la calidad de los entornos de trabajo industriales, Así es como los sistemas SCADA mejoran los entornos de producción y crean automatización".

De esta forma implementando un SCADA en el área de hidratación se puede dar la pauta necesaria para tomarse como una propuesta seria para la automatización total de la planta.

SCADA se aplica al nivel más bajo de automatización. Por ejemplo, los datos se recopilan por medio de sensores y dispositivos de medición, se solicita la configuración. En un nivel superior a esto, este tipo de sistemas permiten la supervisión de valores predefinidos, la entrada de un conjunto de valores y otras intervenciones de control. Los valores recogidos en el nivel más bajo se presentan todo lo comprensible y claramente posible, y permite las intervenciones del usuario. A un nivel superior, los ingenieros obtienen una visión general, planes, documentos y salvaguardan los procesos regulados. Los puntos de datos físicos y calculados forman el marco del sistema SCADA. Proporcionan valores y una marca temporal, lo cual permite la supervisión y el control, así como la generación de informes, a tiempo real o de datos históricos. En este caso para la integración de un SCADA se deben tomar en cuenta muchos dispositivos que tendrán que estar presentes para la realización del mismo. Desde dispositivos sensoriales de campo hasta los cerebros de la operación, además para la comunicación con distintas máquinas, dispositivos y productos de software, los sistemas SCADA deben dominar una gama de tecnologías. Desde conexiones de serie sencillas a sistemas de campo de bus a construcciones de red redundante complejas. Estos sistemas a menudo se emplean conjuntamente con aplicaciones HMI y la generación de informes a nivel de producción. Un SCADA debería dominar no solo todas las normas comunes y estándares como OPC UA, diversos protocolos IEC o Modbus, sino también sistemas propios y hardware distintos.

3.2.1 PLC

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC – Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. También se puede definir como un equipo electrónico, el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. (Moreno, 2013)



Ilustración 5 PLC de Phoenix Contact

Fuente: Sitio web de Phoenix Contact.

El cerebro de detrás de cualquier proyecto de automatización es el PLC, ya que en este se realiza toda la lógica de control necesaria para desarrollar el conjunto de decisiones de los diferentes procesos de producción o sistema que requiera ser automatizado.

La elección de este dispositivo es de mucha importancia ya que se debe seleccionar cuidadosamente para la aplicación a desarrollar. Existen PLCS de toda calidad y precio, por lo cual el dimensionar de manera correcta un proyecto es la diferencia de tener un PLC que funcione a totalidad con respecto a uno que no cumpla con el desarrollo óptimo para la automatización.

En el caso del área de hidratación al tener un número elevado de entrada digitales y un número no tan elevado de señales análogas, se dimensionó un PLC de alta gama de la compañía distribuidora en este caso Phoenix Contact.

En este caso la utilización del PLC se eligió uno de alta gama para que el proceso tuviera un tiempo mayor de respuesta ante alguna falla o estímulo del mismo.

Según (Tipler & Mosca, 2005), "Es el medio más común, es un hilo metálico aislado el cual transporta electrones a través de su cuerpo logrando así llevar energía potencial eléctrica de un punto a otro".

En este caso podemos reafirmar que la velocidad a la cual trabajan las señales digitales a través del cable son muy rápidas, si el tiempo de respuesta del PLC no es tan rápido podría obtenerse como resultado fallas delicadas en la producción.

3.2.2 SISTEMAS DE LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO

Según (Katsuhiko Ogata, 2010)“ Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control de lazo abierto, en otras palabras, en un sistema de control de lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada”.

Los sistemas de lazo abierto son muy utilizados en diferentes aplicaciones, gracias a que su precio en comparación con los de lazo cerrado varía considerablemente por la gestión y regulación automática que realiza el segundo

En este caso uno de los procesos más importantes en el proceso como lo es la hidratación de la piedra del óxido de calcio lo realiza un operador sin sensor alguno, sin siquiera contar con un sistema de lazo abierto básico, confiando únicamente en la experiencia con la que cuenta dicho operador, tenía el control de mucho dinero en sus manos.

De acuerdo con (Alí José Carrillo Paz, 2011)“ en el sistema de control a lazo cerrado, el controlador se alimenta de la señal de error de desempeño, la cual representa la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado siempre indica una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.”.

Al tener un sistema que logre tomar decisiones en caso los parámetros seteados varíen puede representar lograr estándares de eficiencia grandes, en el caso de las calderas al estar aprovechando aumentar la estequiometría de las mismas. El precio de la inversión en el caso de implementar un sistema de lazo cerrado podría resultar un poco elevado al inicio, pero con el paso de los días se darán cuenta que es algo que se paga solo y que en cierto tiempo comienza a generar ganancias. Los sistemas de lazo cerrado tienen una gran aplicabilidad en procesos que se necesita reacción inmediata ante una variante, ya que si de lo contrario se toman métodos antiguos o desfasados. La utilización de sistemas de lazo cerrado aumenta día a día considerable, ya que prefiere un control completo para aumentar la eficiencia de las plantas.

Los sistemas de lazo cerrado contienen una serie de elementos característicos que son fundamentales en la comunicación o tránsito de información como ser los sensores y actuadores.

Lo que circula entre el controlador y el controlado es algo que llamamos información. La información puede definirse como cualquier tipo de energía que puede ser emitida y, después, detectada. En sistemas de control, la información sufre tres cambios; 1-es producida por el sistema a controlar, e interpretada por medio de los diferentes elementos denominados sensores. 2- Se transmite hacia el sistema de control, donde es procesada y da lugar a una nueva información. 3-Se emite y codifica, de manera que pueda ser introducida en el sistema mediante unos convertidores que denominamos actuadores. (Penin, 2011).

En este caso en el proyecto de automatización del área de hidratación contará con los tres elementos fundamentales de un sistema de lazo cerrado; sensores inductivos, sensor de humedad relativa, sensor de nivel todos con salida de 4 – 20 mAmp, actuadores mecánicos, como electro-válvulas, motores, compuertas entre otros dispositivos y por último el cerebro (SCADA) con su corazón (PLC).

El termino sensor se refiere a un elemento que produce una señal relacionada con la cantidad que se está midiendo, con frecuencia se utiliza el termino transductor en vez de sensor. Los transductores se definen como el elemento que al someterlo a un cambio físico experimenta un cambio relacionado. Es decir, los sensores son transductores. (Tomasi, 2003)

Hablando de los sensores en los sistemas de control de lazo cerrado se puede hacer una analogía de lo que pasa con el cerebro humano y los sentidos, ambos tanto como el PLC y el cerebro de nada les servirían esa gran capacidad de procesamiento de información si no tienen instrumentos o dispositivos para registrarlos. Los sensores se encargan de captar la información y transmitirla a los cerebros de los diferentes

sistemas en que se utilizan. La aplicabilidad de estos muchas veces depende más de la creatividad de quien lo usa que de lo que pueden hacer realmente.

La utilización de sensores es indispensable en la automatización de industrias de proceso y manufacturados, incluida la robótica, en ingeniería experimental, en sectores no productivos como son el ahorro energético y el control ambiental (aire, ruido, calidad del agua), en automóviles y electrodomésticos, en la agricultura y medicina, etc. Incluso los equipos de gestión de datos, alejados de las aplicaciones industriales, incorporan internamente para su funcionamiento correcto varios sensores. (Areny, 2003).

Para la automatización del área de hidratación se utilizaron 3 tipos de sensores, todos fundamentales para el desarrollo de la operación, en su gran mayoría los sensores a utilizar son digitales, es decir envían señales de 0 a 1, estos aplicables únicamente para comprobar que los motores están operando.

Un aspecto de mucha importancia al momento de elegir un sensor es saber si su salida es digital o análoga, ya que en el caso de la humedad de la cal con un valor digital el rango de trabajo sería tan solo de dos datos (0 y 1). Con un sensor análogo la humedad se adaptó a lo que realmente está pasando en la hidratadora de esta forma al haber control podremos saber si la mezcla necesita más o menos agua para asegurar la calidad en la misma disminuyendo el producto perdido. Otro factor de importancia a considerar es el tipo de salida análoga que tiene, ya sea de 0..10V o 0/4..20mA, esto por dos razones; la primera relacionada a la señal ya que con las salidas de voltaje la información es más fácil de perder que con una salida de corriente, la segunda depende del controlador con el que se cuente, ya que muchos solo vienen diseñados para entradas digitales y un par de análogas de voltaje, en el caso del proyecto el PLC que se utilizó solo contenía entradas de las anteriormente mencionadas, lo cual dificultó un poco el trabajo, hasta que se adquirió un módulo de entradas salidas análogas configurables tanto para voltaje como para corriente.

También es importante tener en cuenta la alimentación de los sensores ya que estos demandan cierto nivel de tensión para poder entrar en operación.

La mayoría de los sistemas mecatrónicos involucran movimiento o acción de algún tipo. Este movimiento o acción se puede aplicar a cualquier cosa, desde un simple átomo hasta una gran estructura articulada; y se crea mediante una fuerza o momento de torsión que resulta en aceleración y desplazamiento. Los actuadores son los dispositivos que se usan para producir este movimiento o acción. (David G. Alciatore & Michael B. Hestand, 2008).

En este caso los actuadores cumplen la función de la reacción ante las señales enviadas por los sensores y procesadas por los PLC, de igual forma ofrecen una señal de retroalimentación para mantener el proceso de lazo cerrado. En la hidratadora el actuador principal es una electro-válvula que regula la humedad relativa de la mezcla. Al momento de realizar una aplicación es suma importancia conocer datos sobre los elementos a utilizar, por ejemplo, la electro-válvula tiene que ser de ajuste fino ya que los niveles de agua e oxido de calcio tienen que ser lo más exacto posibles.

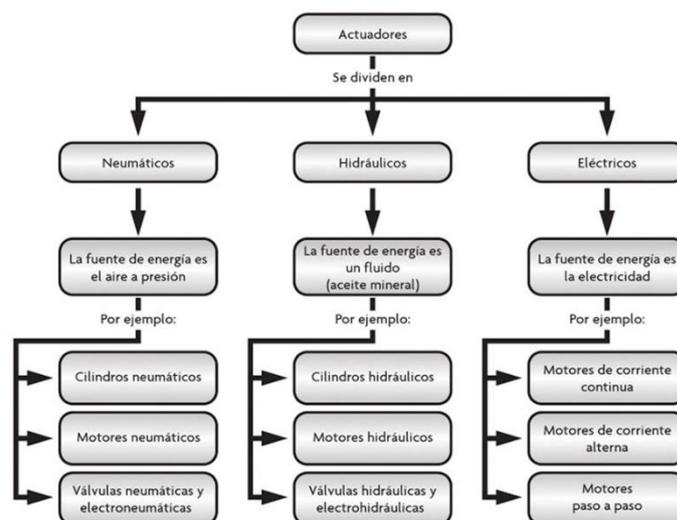


Ilustración 6 Clasificación de los actuadores

Fuente: (Sensores y actuadores; aplicaciones con Arduino)

Los actuadores eléctricos transforman la energía eléctrica en energía mecánica, ya sea rotacional o lineal. De los actuadores disponibles en el mercado, estos son los que se usan con mayor frecuencia, ya que su fuente de alimentación es la energía eléctrica, que es el tipo de energía que se encuentra disponible en la red de distribución eléctrica; por su parte, los actuadores que son alimentados con energía neumática o hidráulica requieren compresores para la generación de la misma. (Ramírez, Jiménez, Carreño, 2014).

Importante conocer la operatividad de los actuadores a utilizar, ya que muchos ocupan accesorios o estímulos externos para su operatividad, lo cual a veces se torna riesgoso por los ambientes a operar.

3.2.2 MOTOR DE INDUCCIÓN



Ilustración 7 Motor de inducción

Fuente: Sitio web de weg.

Una máquina eléctrica es un dispositivo capaz de transformar cualquier forma de energía en energía eléctrica o a la inversa y también se incluyen en esta definición las máquinas que transforman la electricidad en la misma forma de energía, pero con una presentación distinta más conveniente a su transporte o utilización. (Kosow, 2005)

Para INCAL, la buena utilización de la energía eléctrica es prioridad por cuestiones del pago elevado de tarifas que presenta, el tener el monitoreo de solo en el área de hidratación de al menos 32 motores es una aplicación importante. Al tener control en el proceso se puede saber qué equipo está trabajando en vacío para pararlo o en todo caso reparar la falla y de esta forma no estar incidiendo en el consumo innecesario.

Los motores asíncronos o de inducción son un tipo de motor de corriente alterna en el que la corriente eléctrica del rotor necesaria para producir torsión es inducida por inducción electromagnética del campo magnético de la bobina del estator. Por lo tanto, un motor de inducción no requiere una conmutación mecánica aparte de su misma excitación o para todo o parte de la energía transferida del estator al rotor, como en los motores universales, motores DC y motores grandes síncronos.

En este caso los motores representan parte importante del proceso al ser los encargados de dar la movilidad necesaria al producto en el proceso de producción. El tener un uso adecuado de los mismos proyecta la probabilidad de energéticamente ser más eficientes.

Según (Sole, 2011) "Los motores de inducción proporcionan un par constante dentro de una amplia gama de velocidades y de cargas, lo que en determinadas aplicaciones presenta ventajas frente a motores convencionales."

3.2.3 Electro Válvulas



Ilustración 8 Electro Válvula

Fuente: Sitio web de SHAKO.

Las electroválvulas o válvulas solenoides son dispositivos diseñados para controlar el flujo (ON-OFF) de un fluido. Están diseñadas para poder utilizarse con agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Estas válvulas pueden ser de dos hasta cinco vías. Pueden estar fabricadas en latón, acero inoxidable o PVC. Dependiendo del fluido en el que se vayan a utilizar es el material de la válvula.

Este dispositivo tendrá la obligación de regular el fluido en este caso agua que entrará a la hidratadora para poder producirse lo que es el hidróxido de calcio, será uno de los dispositivos de mayor cuidado porque del ajuste fino de este dependerá la calidad de la mezcla.

Según (Deppert, 2001) "La utilización óptima del aire comprimido se conseguirá aprovechando las propiedades físicas que posee que conducen a los límites de utilización de los sistemas neumáticos."



Ilustración 9 Válvula manual con la que se regula el agua que ingresa a la hidratadora

Fuente: Propia.

La regulación de la cantidad de agua que se dirige a la hidratadora para producir la reacción química natural para producir el hidróxido de calcio es realizada por una persona que recibe el nombre de hidratador, en este caso en base a su experiencia él ve la mezcla y decide si necesita más o menos H₂O. El realizar esta parte del proceso de forma tan empírica es un riesgo demasiado alto, ya que las pruebas de calidad que se le realiza al producto y que arroja datos sobre el estado de la mezcla se realizan cada 3 horas, intervalo de tiempo demasiado largo ya que la cantidad de producto que se podría dañar en ese tiempo es muy alta.

Incluso la empresa cuenta con dos hidratadores, de los cuales uno tiene más de 10 años de experiencia en el puesto y es el que realiza los mejores datos de calidad cuando regula la entrada de agua al proceso de hidratación, el otro tiene seis meses de estar trabajando en el área y aun no logra realizar de manera satisfactoria los ajustes de agua necesarios para tener cal libre de accidentes y con la más alta calidad.

3.2.4 Sensor Inductivo



Ilustración 10 Sensor Inductivo ifm

Fuente: Sitio web de ifm.

De acuerdo con (Navarro, 2004), "Estamos inmersos en un mundo en el cual se basa todo, o casi todo, en la electricidad (más que seres basados en el carbono, parecemos seres basados en el voltio), por tanto, la forma más cómoda para transmitir una señal desde un sensor a una máquina será mediante una señal eléctrica transmitida por un cable que una sensor y elemento de control".

Los sensores son elementos fundamentales en los sistemas de control, ya que toman las señales del medio para luego transmitir las al centro de control o PLC que se encargará de la toma de decisiones. En este caso los sensores inductivos son digitales, teniendo solo dos señales, 0 y 1 los cuales son presencia o no de un material ferroso, el trabajar con este tipo de señales facilita el proceso de transmitir la información ya que la pérdida de paquetes es mínima por no decir ninguna. La velocidad a la cual la información es muy alta razón por la cual el PLC tendrá que tener un tiempo de respuesta muy alto, para la optimización del proceso.

En el caso de INCAL se tendrán que instalar 32 sensores inductivos (digitales) en los lados libres de los motores de las bandas transportadoras para saber si en efecto el producto se está moviendo de un proceso a otro.

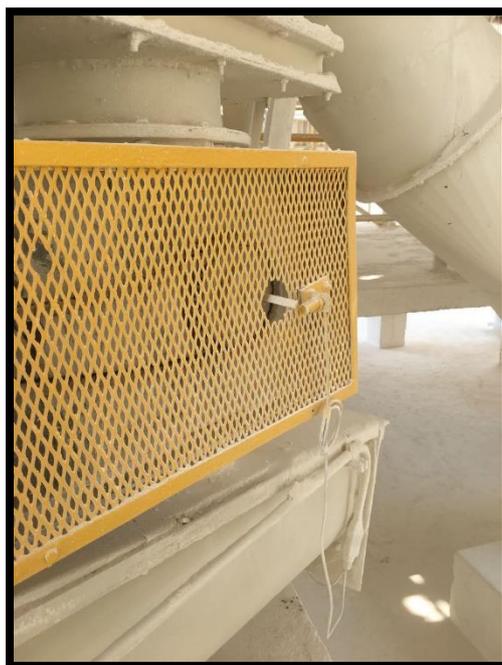


Ilustración 11 Sistema de medición de operatividad de motores

Fuente: Propia.

Como estándar en grupo CALIDRA, en sus empresas para verificar la operatividad de las bandas transportadoras colocan una estructura de metal en el lado libre del motor la cual estará siendo censada por el sensor cada vez que esté cumpliendo una vuelta, en este caso RyD, les proporcionará todos los sensores como las estructuras para todos los motores del área de hidratación. Ya cada motor contaba con esta estructura y sensor, pero no se utilizaron los materiales ni equipos adecuados para la aplicación, por lo cual se realizó un levantamiento con datos de importancia para determinar el equipo más óptimo para la aplicación.

Los sensores inductivos a utilizar son de la marca ifm, la cual es líder en la producción de sensores, brindando garantías de 5 años para su equipo aun cuando estén expuestos a entornos industriales adversos. Con esta marca la empresa RyD trabaja desde sus inicios razón por la cual han comprobado la calidad del equipo, el rango de alcance de los sensores será de 4mm ya que las estructuras estarán muy cerca de la posición del sensor.

3.2.5 Sensor de Humedad Relativa

El sensor de humedad como el nombre lo dice se utiliza para medir la humedad, sin embargo hay distintos tipos según el principio físico para realizar la medición.

Mecánicos: la idea de este tipo de sensores, es aprovechar los cambios en las dimensiones que sufren ciertos tipos de materiales en presencia de la humedad. Los más afectados son algunas fibras orgánicas y sintéticas, como por ejemplo el cabello humano. Al aumentar la humedad relativa las fibras aumentan de tamaño, es decir se alargan. Luego esta deformación debe ser amplificada de alguna manera (por palancas mecánicas, o circuitos electrónicos) y debe ser graduada de acuerdo a la proporcionalidad con la humedad relativa.

Basados en sales higroscópicas: una sal higroscópica (cloruro de litio por ejemplo), es una molécula cristalina que tiene gran afinidad con la absorción de agua.

Electrolíticos: Se sabe que una molécula de agua puede descomponerse por electrólisis, cuando esto ocurre se liberan dos electrones por molécula, la idea entonces es producir la electrólisis de las moléculas de agua presentes en el gas, y medir la corriente que se genera cuando aquello ocurre.

Por conductividad: si se tiene una superficie cualquiera en presencia de una mezcla gaseosa con vapor de agua, siempre habrá cierta cantidad de moléculas de agua presentes en dicha superficie. La presencia de agua permite que a través de la superficie circule una corriente, en ello se basan los sensores por conductividad.

Capacitivos: son quizás los más difundidos en la industria y en la meteorología, pues son de fácil producción, bajos costos y alta fidelidad. El principio en el cual se basa este tipo de sensores, es en el cambio que sufre la capacidad (C en [FARAD]) de un condensador al variar la constante dieléctrica del mismo.

Infrarrojos: en el caso del agua una de las radiaciones que absorbe, se ubica en la porción infrarroja del espectro. Se puede aprovechar esta propiedad para medir la cantidad de agua presente en un gas. La idea consiste en proyectar una fuente de

rayos infrarrojos a través de la muestra que se desea medir, y en el otro extremo la radiación resultante, empleando un receptor adecuado para tal propósito.

Humedad en el suelo: se aplica un principio similar al visto en el punto, se trata de utilizar la conductividad de la muestra, la cual va a ser mayor mientras más sea la cantidad de agua presente en ella. Se introducen dos electrodos separados por cierta distancia, para luego ser sometidos a una diferencia de potencial constante. La corriente circulante será entonces proporcional a la cantidad de agua presente en la muestra.

Este sensor tiene aplicaciones muy afines, dentro de ellas:

Industria textil, papelera y de pieles: la humedad altera la estructura de ciertas fibras y tejidos, esto afecta la calidad del producto elaborado, es por eso que es muy común utilizar la aplicación de sistemas de regulación de humedad.

Industria maderera: el problema es parecido al anterior, las maderas sufren deformaciones debidos a cambios de humedad, y les pueden salir hongos, agrietamiento e incluso cambios de coloración.

Industria alimenticia: al ser muchos de los alimentos preparados con agua, es necesario utilizar el sensor para regular el líquido y así lograr un producto óptimo. Las aplicaciones más frecuentes; deshidratación, conservación de vinos finos, panadería, refrigeración de frutas y carnes.

Industria farmacológica: los medicamentos son elaborados bajo estrictas medidas de calidad, en ello la humedad juega un rol importante, dado a que se emplea el uso de agua en la fabricación de muchos remedios, además de existir algunos procedimientos en que la presencia de agua no es deseada.

Meteorología: Es quizás la aplicación más común o más conocida de estos sensores. La humedad es una de las variables fundamentales en el estudio de la meteorología, es por eso que es necesario contar con medidores precisos, para poder llevar registros, o realizar investigaciones científicas.

Industria química – biológica: se aplican en cultivos de bacterias, para estudiar su comportamiento ante los antibióticos, esto es realizado bajo condiciones de climatización extrema, en donde el control de humedad es fundamental.

Conservación y almacenamiento: es una variable medida y controlada, especialmente de bodegas de almacenamiento, con el fin de evitar el deterioramiento de las especies afectadas. Es muy común emplear este tipo de sensores en la conservación de obras de arte.

Grupo CALIDRA en sus operaciones utilizan sensores ultrasónicos para medir la humedad del producto a la salida de la hidratadora, en este caso es para asegurar que sea medido todo el producto a lo largo de toda la máquina.

Este sensor es el más importante del proceso ya que de hacer su trabajo de manera correcta el aumento de producción y el ahorro de producto al no haber bolsas estalladas por exceso de humedad, serán muy significativos para la empresa.

Uno de los inconvenientes que se puede presentar es acumulación sobre la parte que realiza la medición del sensor, en este caso se consideró realizar un sistema de limpieza del mismo teniendo aire a presión sobre él, accionado o no por una válvula.

La producción de estos sensores para la industria cementera y calera es muy alta por el auge y necesidad de los mismos. En este caso los sensores son más robustos para los ambientes hostiles que se manejan en este tipo de industria, actualmente son dos los países líderes en la producción de este tipo de sensores son España y Alemania, por lo cual se tuvo contacto con ambos, tomando el producto alemán como el producto a utilizar, por los buenos resultados con los productos de este país que se ha trabajado y distribuyen.



Ilustración 12 Sensor de humedad relativa Hidromyx

Fuente: Página web de Hidromyx.

3.2.6 Sensor de Nivel Ultrasónico

El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico y ultrasónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

Integral para el control de procesos en muchas industrias, los sensores de nivel se dividen en dos tipos principales. Los sensores de nivel de punto se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente. Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.

Para la aplicación de INCAL se utilizarán sensores de nivel continuo (ultrasónicos de baja energía) ya que se quiere tener total control del nivel de los diferentes tanques de almacenamiento, teniendo datos analógicos o porcentuales del nivel de los mismos.

Un dispositivo ultrasónico de baja energía dentro de los sensores de nivel de material en un punto determinado. Consta de un sensor montado en un punto determinado y un amplificador integrado de estado sólido, los sensores ultrasónicos de contacto no

tienen partes móviles y no requieren calibración. Típicamente, están equipados con bloques de terminales para la conexión de una fuente de alimentación y dispositivos de control externos. La señal ultrasónica atraviesa un hueco de 12 mm en el sensor, controlando los interruptores de relé cuando la brecha contiene material. El nivel de detección está en el medio a lo largo del espacio donde los sensores están montados en horizontal. En la parte superior, por sensores montados verticalmente. A medida que el material cae por debajo de este nivel, la señal ultrasónica atenúa y finalmente conmuta el relé a su estado anterior.

Estos sensor de nivel se utilizan en tanques o conductos para operar automáticamente las bombas, válvulas de solenoide, y las alarmas de alta / baja.



Ilustración 13 Sensor ultrasónico ifm

Fuente: Página web de ifm.

3.2.7 PID

El control PID es un mecanismo de control que a través de un lazo de retroalimentación permite regular la velocidad, temperatura, presión y flujo entre otras variables de un proceso en general. El controlador PID calcula la diferencia entre nuestra variable real contra la variable deseada.

El algoritmo de control incluye tres parámetros fundamentales: Ganancia proporcional (P), Integral (I) y Derivativo (D).

El parámetro Proporcional (P) mide la diferencia entre el valor actual y el set-point (en porcentaje) y aplica el cambio.

El parámetro Integral (I) se refiere al tiempo que se toma para llevar a cabo acción correctiva. Mientras el valor sea más pequeño, el ajuste es más rápido pero puede causar inestabilidad en el sistema, oscilaciones, vibración de motor y de bomba.

El parámetro Derivativo (D) emite una acción predictiva, es decir, prevé el error e inicia una acción oportuna. Responde a la velocidad del cambio del error y produce una corrección significativa antes de que la magnitud del error se vuelva demasiado grande.

Para asegurar un control adecuado y fino del nivel de humedad del hidróxido de calcio se utilizara un regulador PID.

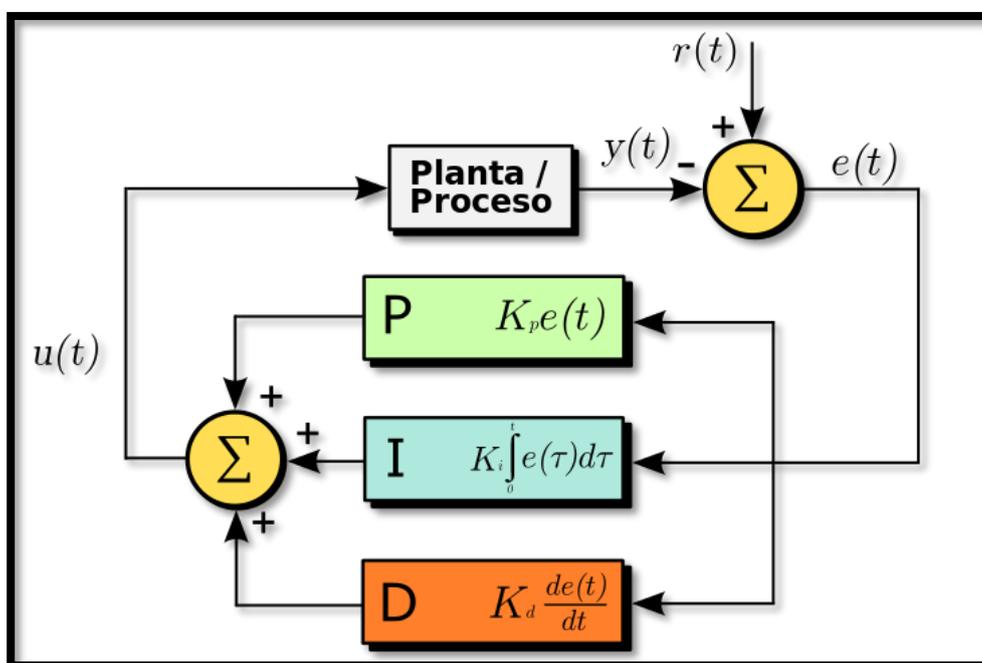


Ilustración 14 Diagrama de bloques de control PID

Fuente: Universidad nacional de Quilmes.

3.2.8 Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia es un sistema para el control de la velocidad de giro en motores de corriente alterna (AC) mediante el control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. A los variadores de frecuencia también se les denomina drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, micro drivers o inversores. Debido a que el voltaje varía a la vez que la frecuencia, también se les llama variador de voltaje variador de frecuencia (VVVF).



Ilustración 15 Variador de frecuencia weg

Fuente: Página oficial de weg.

3.3 Entregables y Alcance del Proyecto de Automatización

Tabla 1 Entregables y Alcance de automatización hidratación.

Entregable	Alcance	Exclusiones
SCADA	Monitoreo de Los estados (ON/OFF) y de falla (relé Térmico) de los motores asociados al área de Hidratación.	Medición de parámetros eléctricos Revoluciones del equipo
	Monitoreo de los helicoidales, bandas, elevadores y válvulas rotativas del área de hidratación.	Revoluciones del equipo
	Monitoreo de nivel del silo de química (80 TON), silo de construcción (250 TON) y de la tolva de almacenamiento (10 TON)	
	Monitoreo de humedad relativa del hidróxido de calcio a la salida de la hidratadora	
	Monitoreo del flujo de agua e indicación del rendimiento por tonelada producida.	
	Base de datos con el rendimiento diario, consumo de agua.	
	Alarmas de niveles de los silos.	
PID	Desarrollo de un sistema de control automático y preciso de la humedad relativa, que mantenga este parámetro siempre dentro de los márgenes operativos.	
	Instalación de un sensor de humedad relativa en la salida de la hidratadora.	
	Instalación de un variador para controlar el flujo de la Bomba de 7.5 HP que suministra el agua.	

Lógica de control operativa	Conforme al proceso, se elaborará una lógica en el PLC que, de acuerdo al estado de los equipos o niveles, permita tomar acción automática de detener o accionar dispositivos. Se controlará el nivel de los silos, el nivel de la pila de agua y el accionamiento de bandas, helicoidales y elevadores.	En la pila de agua el control se realiza solamente parando o arrancado la bomba de acuerdo a los límites de nivel.
Instalaciones eléctricas y de comunicación.	Instalación de sensores inductivos (32) en el lado libre de cada helicoidal, banda y válvula rotativa del área de hidratación	
	Instalación de sensores ultrasónicos en los silos de construcción y química y en la Tolva de almacenamiento	
	Fabricación de las estructuras que soportaran los sensores.	
	Montaje de panel en el cuarto eléctrico de Hidratación, en el cual estará el PLC y todos los demás módulos de entradas y salidas.	
	Instalación de electroválvula de agua en tubería que va desde la pila hacia la hidratadora	
	Instalaciones de sensores de nivel (ON/OFF) en pila de suministro de agua	
	Cableado de un punto de red ethernet desde el cuarto eléctrico de hidratación hasta el switch ubicado en el cuarto eléctrico de envasado.	

Fuente: Departamento de proyectos especiales RyD.

IV. Metodología

De acuerdo con (Universidad Andrés Bello, 2007) "Las variables se pueden definir como todo aquello que vamos a medir, controlar, y estudiar en una investigación o estudio. Por lo tanto, es importante, antes de iniciar una investigación, que sepamos cuáles son las variables que vamos a medir y La manera en que lo haremos. Es decir, las variables deben ser susceptibles de medición"

4.1 VARIABLES DEPENDIENTES

La variable dependiente es el nivel de humedad con la que sale el hidróxido de calcio de la hidratadora. La identificación de todos los factores que afectan la humedad de la mezcla se tornan prioritarios por la serie de beneficios a obtener.

4.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Regulación manual del flujo de agua que se dirige a la hidratadora.
- Procedimientos operativos en el área de hidratación.

4.3 ENFOQUE Y MÉTODO

"El método científico es el procedimiento planteado que se sigue en la investigación para descubrir las formas de existencia de los procesos objetivos, para desentrañar sus conexiones internas y externas, para generalizar y profundizar los conocimientos así adquiridos, para llegar a demostrarlos con rigor racional y para comprobarlos en el experimento y con las técnicas de su aplicación." (Ruiz, 2007).

Para la realización del proyecto se utilizaron dos enfoques para tener un conocimiento más profundo del problema, siendo los pilares fundamentales de un método mixto. Hablando del enfoque cuantitativo lo que se realizó fue una recopilación de documentos técnicos y teóricos del proceso de producción en el grupo CALIDRA, así como libros de las diferentes máquinas utilizadas en el proceso de hidratación, esto con la intención de adquirir todos los conocimientos necesarios del proceso.

En la parte del enfoque cualitativo se contó con el apoyo de los operadores y jefes de área, los cuales brindaron todos sus conocimientos tanto técnicos como teóricos para entender de mejor forma el proceso y más allá comprender el fin del proyecto.

Antes de iniciar con el proyecto se tuvo que iniciar con una investigación intensiva de los procesos de producción de cal, ya que para poder obtener un buen desarrollo del mismo el saber aspectos importantes como minuciosos del proceso es ventajoso y provechoso.

La investigación comenzó con un enfoque cuantitativo ya que no se podía iniciar el plan de automatización sin contar con todos los detalles operativos de la hidratadora ya que es el eje central en el proceso de producción de cal. Lo que se busca es hacer la hidratadora más eficiente, sin conocer todos los datos de ella realizar la tarea sería demasiado complicado. De hecho, en este enfoque se realizaron algunas mediciones prácticas para determinar el valor de señales que serían el eje central del programa desarrollado, así como la operación de estas señales en el motor, una parte investigativa combinada de un poco de trabajo de campo.

Hablando en general de todas las actividades realizadas durante el periodo de práctica de RyD se siguió una misma línea de trabajo orientada a un enfoque mixto, ya que es indispensable primero tener documentación y preparación teórica antes de realizar un proyecto, incluso tanto los enfoques cuantitativos como cualitativos se realizan a lo largo de los proyectos.

V. RESULTADOS

Haciendo referencia del proyecto de INCAL se realizó todo el levantamiento necesario para la automatización del área de hidratación, obteniendo todos los detalles y parámetros necesarios para la realización del proyecto. Al tener todos estos datos se procedió a realizar la oferta a la empresa perteneciente al grupo mexicano CALIDRA, la cual fue aprobada y planificada para su realización a partir del mes de julio. El proyecto iniciará en ese mes ya que antes era necesario trabajar en la reestructuración del cableado ya que el diseño previo era erróneo, lo que estaba ocasionando problemas operativos. En los meses de mayo y junio en INCAL se estuvo trabajando en la medición de energía de la planta, para luego desarrollar el sistema de reportaría automática de consumo energético enviada a cada uno de los gerentes y personal de interés del grupo.

En dos meses RyD ganó la confianza del grupo realizando de buena manera el proyecto de medición de energía y de reporteria automática. Por lo cual en el mes de julio el proyecto arrancará con la participación del departamento de proyectos especiales y el departamento técnico con la intención de cumplir con todas las fechas establecidas para los entregables establecidos en la cedula de proyecto.

En los demás proyectos con los cuales se estuvo trabajando en la empresa, se alcanzó cada uno con los objetivos en el tiempo establecido, obteniendo resultados positivos tanto en experiencia para mí persona como en prestigio para la empresa.

En crecimiento personal pues considero que fue muy provechoso ya que el involucrarse en proyectos que se llevan a cabo en empresas de diferente proceso de producción brindan conocimientos muy variados y específicos que ayudan a crecer en el desarrollo de habilidades tanto técnicas como teóricas-prácticas.

La variedad de equipos y marcas con las que se trabaja en RyD Industrial provoca un efecto positivo en la práctica ya que se aprende de la gran variedad de características con las cuales se comercializa el mercado. Esto es un aspecto de muchísima importancia ya que cuando se llega a trabajar en una empresa se puede notar que para los diferentes procesos que se llevan a cabo los dispositivos tanto de control

como los que no son de diferentes marca y poseen muchas características operacionales diferentes por lo cual conocer diferentes parámetros y funciones de programación aumenta la competitividad y calidad profesional. El adquirir este tipo de conocimiento nos muestra una gran variedad de oportunidades de mejora tanto ingenieriles como técnicas. Las fotografías de los archivos de la reporteria serán adjuntadas en el apartado de anexos.

VI. APORTACIONES

En la empresa se estuvo acompañando al jefe de proyectos especiales, participando en cuatro proyectos en cuatro diferentes compañías; Sula Valley, INCAL, Hondu-Café, y ENERSA. En todos los proyectos se estuvo participando en planeación, programación, conexiones eléctricas de control, diseño de SCADA, cableado de comunicación, y elaboración de reportes ejecutivos.

Una parte muy importante que cabe resaltar es que se compartieron conocimientos de seguridad industrial y normas eléctricas obtenidos con la experiencia, así como las presentaciones e información sobre estándares de comunicación como ser; redes de Petri, GRAFCET, GEMMA, ya que uno de los problemas con los cuales se contaba en la empresa era la poca trazabilidad de la programación de los proyectos, utilizar estándares de programación elimina este problema, claro está que es un proceso que toma cierto tiempo de preparación y asimilación pero los pilares iniciales ya se establecieron, para apuntar a realizar trabajos estandarizados buscando el crecimiento de la empresa. También en su parte final se tuvo la oportunidad de charlar con el gerente general de la empresa con el cual se pudieron hablar acerca de algunas áreas de mejora con las cuales la empresa puede brindar un mejor servicio para su personal y clientes.

La visualización de algunos de los aportes que se realizaron en el periodo se compartirá en el apartado de anexos.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se le llama también síntesis y no es más que la interpretación final de todos los datos con los cuales se cierra la investigación iniciada. Sintetizar es recomponer lo que el análisis ha separado, integrar todas las conclusiones y análisis parciales en un conjunto coherente que cobra sentido pleno. (Sabino, 1992).

- Se establecieron los pilares necesarios para el desarrollo de la automatización del área de hidratación a llevarse a cabo en el mes de julio.
- Se desarrolló el 70% de la programación del proyecto y un 85% del SCADA para el proyecto en el área de hidratación.
- Se identificaron dos áreas de mejora en hidratación; el cableado desordenado y de poca calidad con el que se contaba y los paneles eléctricos no eran de las especificaciones necesarias para el ambiente hostil del proceso
- Se colaboró en el diseño de los diagramas unifilares del proceso y en las conexiones de control y potencia de los gabinetes eléctricos a utilizar en el proyecto.

Recomendaciones para la empresa

- Establecer los requerimientos de seguridad de las diferentes empresas que se visitan para portar todo el equipo necesario, así como establecer normas propias de seguridad para las personas encargadas a realizar actividades en campo esto para velar por los empleados y el crecimiento de la empresa misma.
- Considerar la idea de expansión de la empresa, ya que se cuenta con mucho trabajo pero no con tanto personal, lo que hace que se retrasen los proyectos por querer abarcar mucho con pocas manos.
- Establecer cuál es la ventaja competitiva y en su defecto establecerla estratégicamente para aumentar la satisfacción del cliente así como la productividad de la empresa.

Recomendaciones para la universidad

- Reestructurar el plan de estudio de la carrera estableciendo primero la práctica profesional y luego el proyecto de graduación para obtener un mayor provecho en ambas asignaciones.
- Implementar para el plan de estudios la clase de instalaciones eléctricas en la cual aparte de lo referente a la clase se enseñe como realizar e interpretar circuitos de mando.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alí José Carrillo Paz. (2011). *Sistemas Automáticos de Control: Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado*. Santa Rita, Edo. Zulia, Venezuela: UNERMB.
- Antonio Creus Sole. (2011). *Maquinas electricas y transformadores*. (Segunda). México D.F.: Alfaomega.
- Aquilino Rodríguez Penin. (2011). *Sistemas SCADA (3ª)*. Barcelona, España: Marcombo.
- C. Sabino. (1992). *El Proceso de Investigación*. Caracas: Panapo.
- David G. Alciatore, & Michael B. Hstand. (2008). *Introducción a la Mecatrónica y los Sistemas de Medición (3ª)*. McGraw-Hill.
- Guillermo Cóloma Álvarez. (2008). *LA CAL ¿ES UN REACTIVO QUÍMICO!* (1era ed.). Chile. Recuperado a partir de file:///C:/Users/Juan%20Dubon/Downloads/LA_CAL_ES_UN_REACTIVO_QUIMICO.pdf
- Irving L. Kosow. (2005). *Maquinas electricas y transformadores*. España: Reverté.
- Jack Gido and James Clements. (2012). *Administración exitosa de proyectos (Quinta)*. México D.F.: Cengage Learning.
- Katsuhiko Ogata. (2010). *Ingeniería de Control Moderna (5ª)*. Madrid, España: Pearson Educación.
- Leonel Corona Ramírez, Griselda Abarca Jiménez, & Jesús Mares Carreño. (2014). *Sensores y Actuadores (1ª)*. Azcapotzalco, México: Grupo Editorial Patria.
- M. Moreno. (2013). *CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)*. Automación Micromecánica s.a.i.c. Recuperado a partir de <http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>
- Miguel Ángel SanJuan Barbudo. (2015). *Introducción a la Fabricación y Normalización del Cemento y Cal Portland* (Universidad de Alicante). Alicante, España.
- Miguel Casa. (2010). *Instalaciones Domóticas (Primera)*. España, Altamar.: Marcombo.

- Ramón Pallás Areny. (2003). *Sensores y Acondicionadores de Señal* (4ª). Barcelona, España: Marcombo.
- Ramón Ruíz. (2007). El Método Científico y sus Etapas. Recuperado a partir de <http://www.index-f.com/lascasas/documentos/lc0256.pdf>
- Rina M. Navarro Viadana. (2004). *Ingeniería de control: Analógica y digital*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología: Electricidad y magnetismo, luz, física moderna*. Reverté. Recuperado a partir de <https://books.google.hn/books?id=SghjkM6MwygC&pg=PA667&dq=energia+potencial+electronica&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjnytOZ7cLbAhWOWFkKHYYHnD4IQ6AEIMjAC#v=onepage&q=energia%20potencial%20electronica&f=false>
- Tomasi W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Pearson Educación.
- Universidad Andres Bello. (2007). Las Variables. Recuperado a partir de <http://mey.cl/apuntes/variablesunab.pdf>
- W. Bolton. (2013). *Mecatrónica: Sistema de Control Electrónico en Ingeniería Mecánica y Eléctrica* (5ª). Alfaomega.
- W. Deppert, & K. Stole. (2001). *Aplicaciones de la neumática*. México D.F.: Alfaomega.

IX. ANEXOS



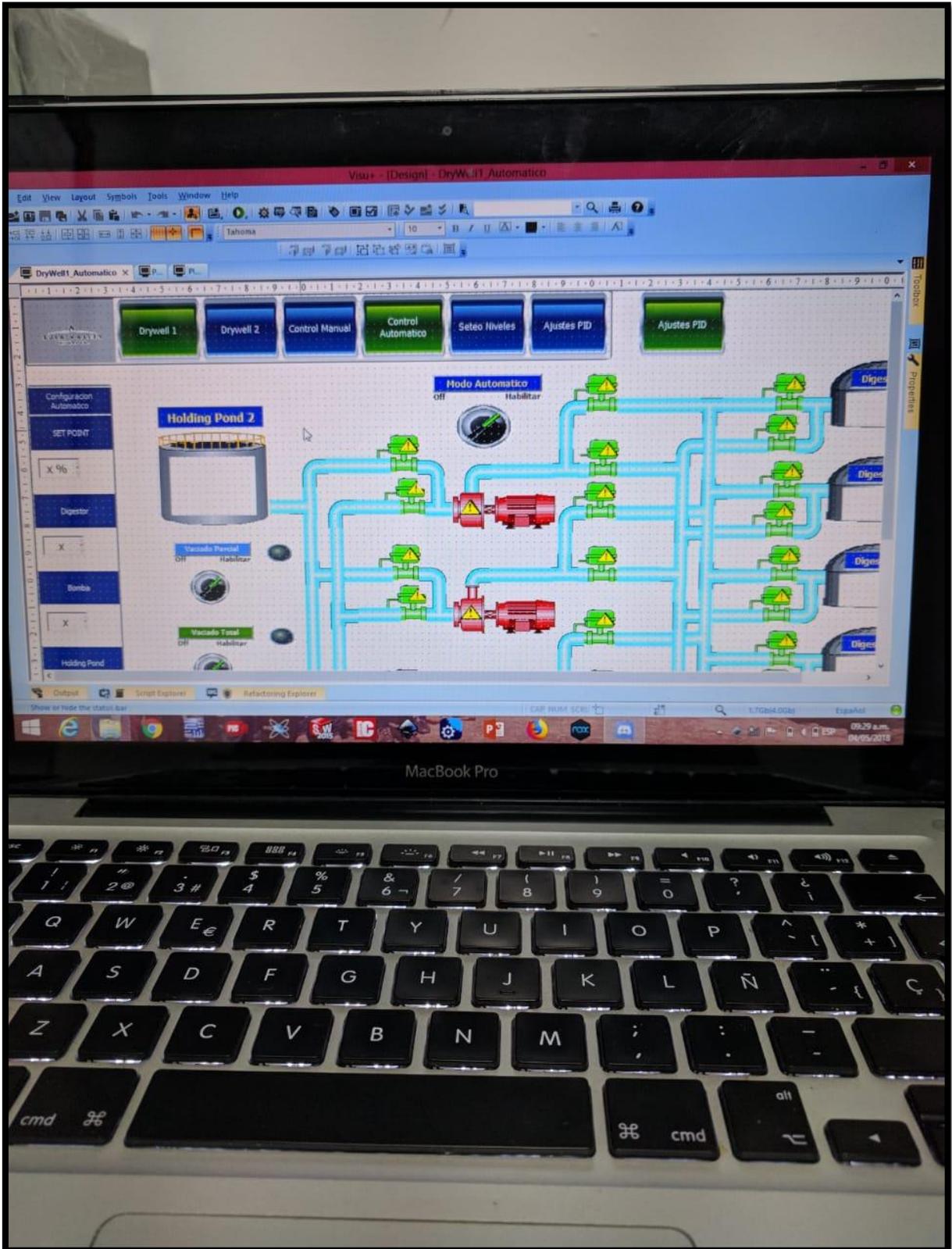
Anexo 1. Ajustes en panel eléctrico de control Hondu-Café



Anexo 2. Visita #1 a empresa INCAL



Anexo 3. Levantamiento en empresa INCAL



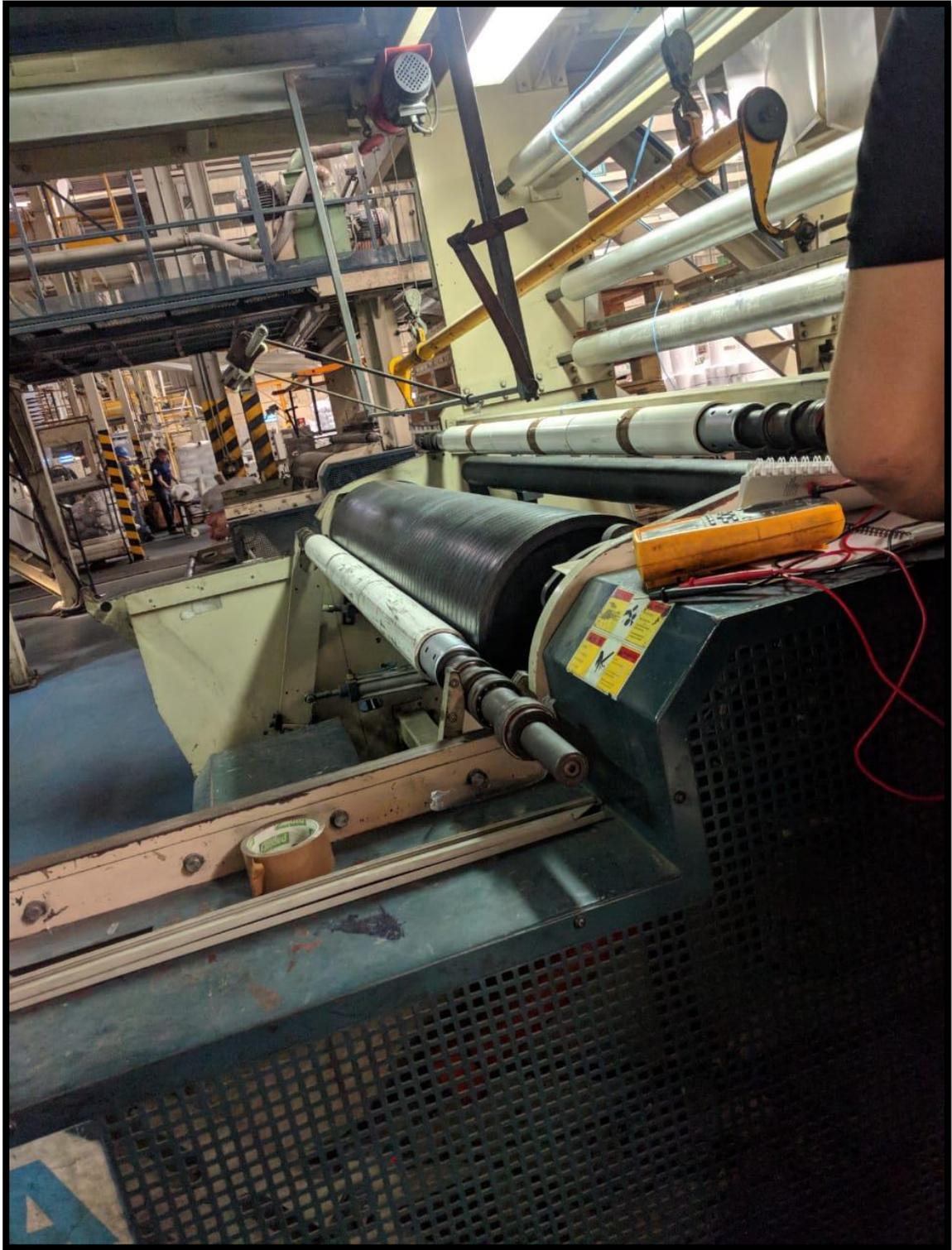
Anexo 4. Elaboración SCADA para Sula Valley



Anexo 5. Visita de campo en Sula Valley



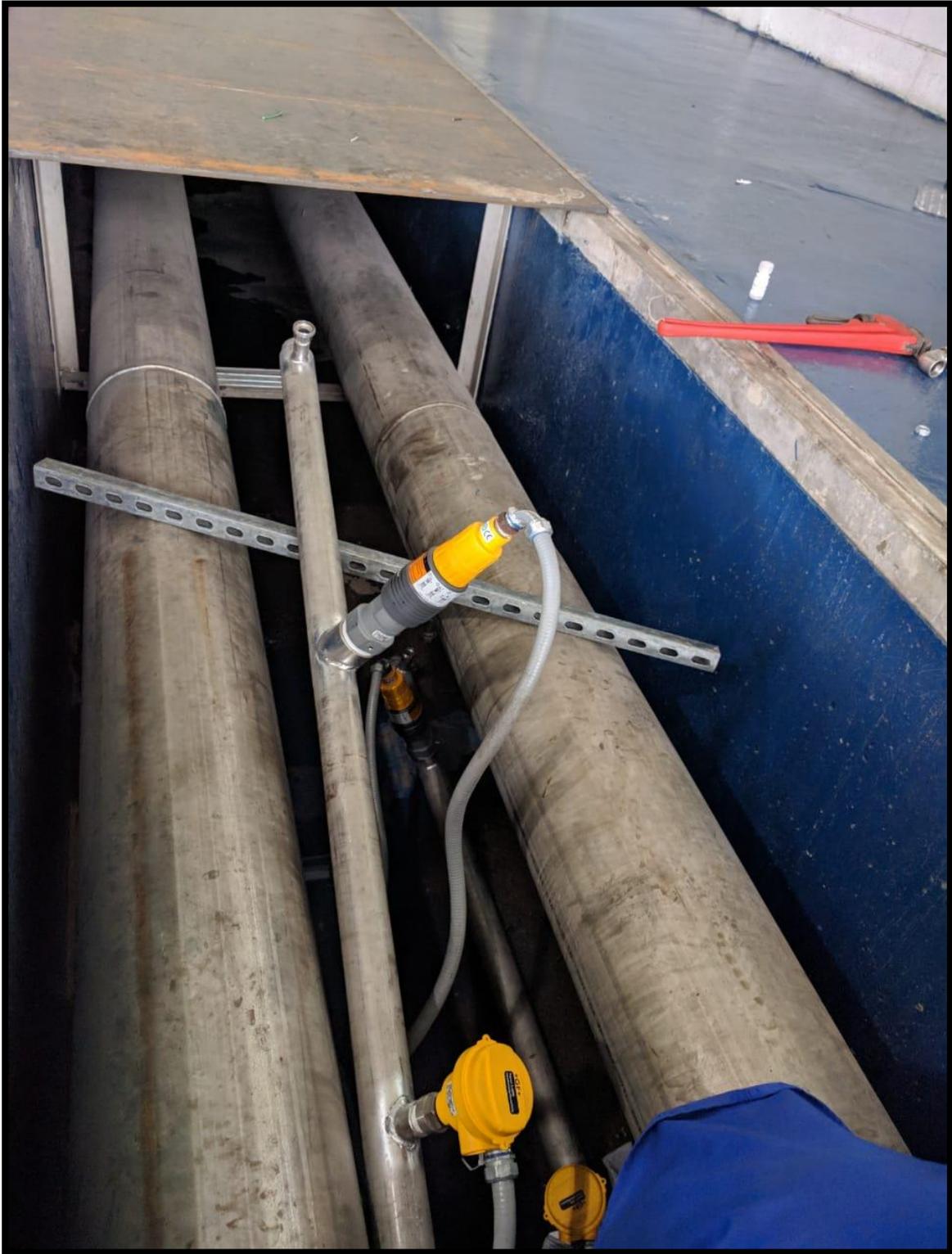
Anexo 6. Visita de campo en Sula Valley



Anexo 7. Reparación problema de comunicación protocolo RS232 de máquina tensora en Plásticos Gamoz



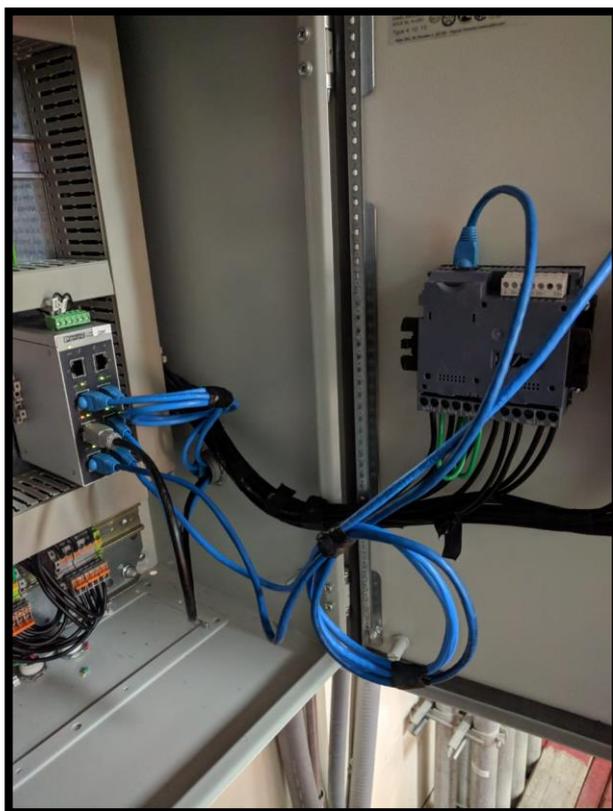
Anexo 8. Revisión problema de comunicación protocolo RS485 entre PC industrial de Phoenix Contact con software Cocos EDS de Man and Diesel en motor #14 de ENERSA



Anexo 9. Conexión física, cableado eléctrico y programación de sensores de pH y conductividad en GILDAN Rio 6



Anexo 10. Rehabilitación y programación de DEMO iO-Link

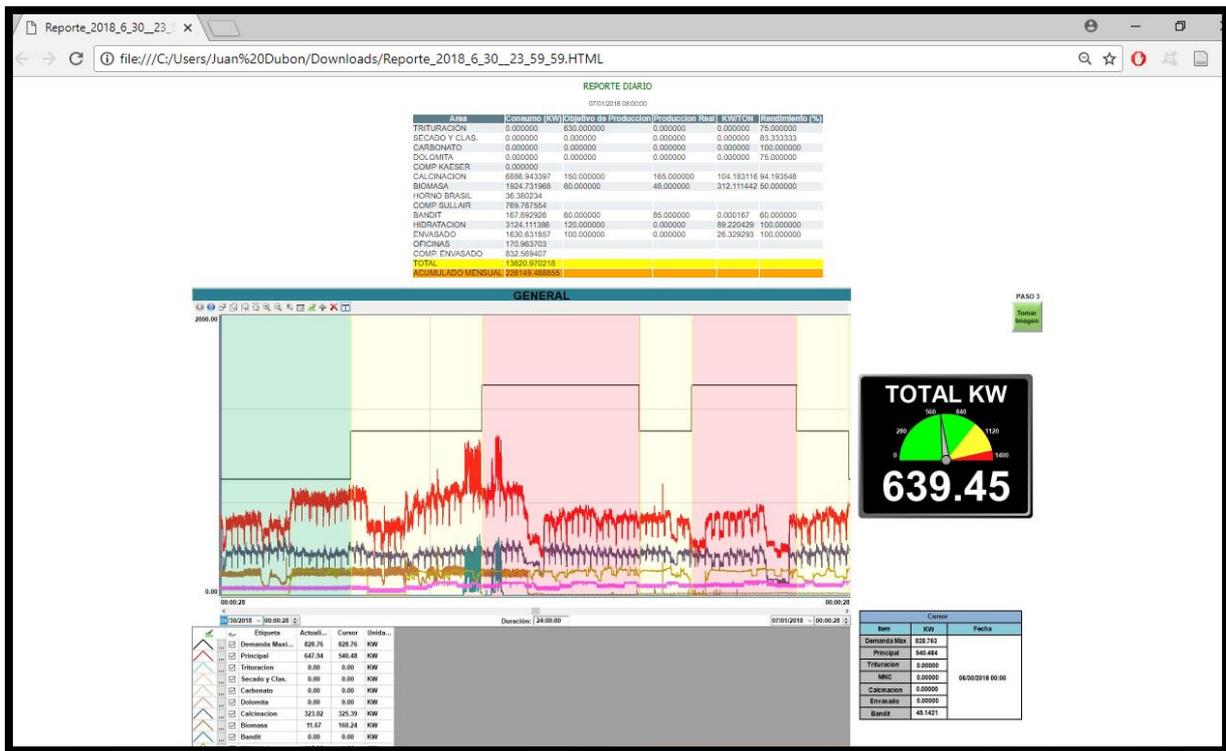


Anexo 11. Conexión y configuración de red de medidores de energía en INCAL



Anexo 12. Revisión banco de capacitores por problema de arco en contactor en

INCAL



Anexo 13. Reporte de consumo desarrollado en HTML de envío diario automático a gerentes de INCAL