

Diseño de la automatización del proceso de producción de materiales de construcción a base de arcilla para la Ladrillera El Rubí S.A.S Tunja

Modalidad curso coterminal - Especialización en Automatización Industrial
Universidad Santo Tomas Bucaramanga

Jorge Alejandro Sánchez Niño

Javier Mateo Vargas Guerrero

Universidad Santo Tomas
Facultad de Ingeniería Electrónica
Tunja – Colombia
Diciembre 2020

Diseño de la automatización del proceso de producción de materiales de construcción a base de arcilla para la Ladrillera El Rubí S.A.S Tunja

Jorge Alejandro Sánchez Niño

Javier Mateo Vargas Guerrero

Lectores/Jurados:

Ing. Adolfo Ávila Barón
Ing. William Álvarez Castañeda

Director/Tutor:

Ing. Carlos Alberto Cardona Coy

Universidad Santo Tomas
Facultad de Ingeniería Electrónica
Tunja – Colombia
Diciembre 2020

El contenido de este documento es solo responsabilidad de sus autores.

*La Universidad Santo Tomás Seccional Tunja, junto con la Facultad de Ingeniería
Electrónica quedan exoneradas de todas las consecuencias y responsabilidades que
pueda causar este proyecto.*

NOTA DE ACEPTACION

Fecha: Día _____ Mes _____ Año _____

Firma Jurado 1

Ing. Adolfo Ávila Barón
Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás
Tunja

Firma Jurado 2

Ing. William Álvarez Castañeda
Facultad de Ingeniería Electrónica
Universidad Santo Tomás
Tunja

Dedicatoria

Agradezco a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida. Dedico el presente trabajo de grado especialmente a mis padres, María Lucy Niño Carreño y Joel Ángel Sánchez Barrera, quienes con sus enseñanzas me han guiado por el camino del bien, me han brindado cariño, sabiduría y apoyo incondicional, quiero agradecerles por todo el esfuerzo que hicieron y la paciencia que tuvieron para que pudiera cumplir una de mis metas, llegar a ser un profesional integro.

Jorge Alejandro Sánchez Niño

Este trabajo de grado se lo dedico principalmente a Dios, a mi Papá, Luis Javier Vargas Carrero a mi Mamá, Martha Guerrero Fernández por su amor, paciencia y esfuerzo que me han permitido cumplir mis metas y objetivos, ayudándome a formar como persona con valores y principios, a mi hermana Xiomara Vargas, por su cariño y apoyo incondicional en todo este proceso, a mi familia por sus consejos, y todas esas personas con cariño y preocupación contribuyeron para mi formación personal y profesional.

Javier Mateo Vargas Guerrero

Agradecimientos

Alcanzar un éxito no se logra sin el apoyo incondicional de personas que creyeron en nuestro equipo de trabajo, por tal razón queremos agradecer infinitamente primero a Dios por iluminarnos el camino, llenarnos de sabiduría y conocimiento.

A nuestros padres, primeros formadores, por su apoyo absoluto, no solo económico si no también emocional, ellos quienes nos guiaron en todo momento, a nuestros docentes e ingenieros quienes nos orientaron y contribuyeron en nuestra formación académica.

A la Universidad Santo Tomas- Seccional Tunja por su formación integral, y en especial a la Facultad de Ingeniería Electrónica por abrirnos las puertas al conocimiento y formarnos como Ingenieros.

“A TODOS USTES INFINITAS GRACIAS”

Tabla de Contenidos

1.	Introducción	2
2.	Planteamiento del Problema	3
	Pregunta de investigación.	4
3.	Justificación	5
4.	Objetivo General.....	6
	Objetivos Específicos.....	6
5.	Marco de Referencia	7
	Estado del arte.....	7
	Marco Teórico.....	10
	Proceso de fabricación de materiales de construcción a base de arcilla.	10
	Proceso semiindustrial de la ladrillera el Rubí S.A.S.	13
	Marco Conceptual.....	29
	Marco Legal	38
6.	Metodología	41
	Tipo de investigación.....	41
	Población.....	42
	Muestra.	42
	Hipótesis.	42
	Variables.	43
	Nivel de Automatización del diseño	44
	Etapas metodológicas del proyecto.....	44
	Estudio Propuesta de Investigación	45
	Visita de Campo a Ladrillera El Rubí S.A.S	45
	Estudio del proceso de fabricación	45
	Diseño P&ID.....	46
	Grafcet de programación.....	46
	Simulación y sistema SCADA.....	46
7.	Resultados	47
	Diagrama P&ID	47
	Grafcet de programación.....	58
	Simulación y sistema SCADA.....	65
8.	Conclusiones	77
9.	Referencias Bibliográficas	80
10.	Autores	82
11.	Anexos	83

Lista de Tablas

Tabla 1 Estado del arte.....	7
Tabla 2. Lista de Instrumentos.....	56
Tabla 3. Lista de Maquinaria y equipamiento	57
Tabla 4. Lista de Válvulas	58

Lista de Figuras

Figura 1. Elaboración del ladrillo	11
Figura 2. Etapas de elaboración de ladrillo y bloque.....	12
Figura 3. Horno de Fuego tipo Colmena	33
Figura 4. Horno de Fuego Continuo tipo Hoffman.....	34
Figura 5. Etapas metodológicas del proyecto	44
Figura 6. Primera etapa diseño y diagrama P&ID	48
Figura 7. Segunda etapa diseño y diagrama P&ID	49
Figura 8. Tercera etapa diseño y diagrama P&ID parte 1.....	50
Figura 9. Tercera etapa diseño y diagrama P&ID parte 2.....	50
Figura 10. Cuarta etapa diseño y diagrama P&ID	51
Figura 11. Quinta etapa diseño y diagrama P&ID	52
Figura 12. Sexta etapa diseño y diagrama P&ID	53
Figura 13. Séptima etapa diseño y diagrama P&ID.....	54
Figura 14. Octava etapa diseño y diagrama P&ID	55
Figura 15. Condiciones iniciales grafcet.....	58
Figura 16. Condiciones necesarias para el proceso de producción.....	59
Figura 17 Etapa de homogenización y moldeado. Inicio sistema FIFO	60
Figura 18. Fin proceso de homogenización y moldeado. Apagado sistema FIFO	61
Figura 19. Proceso de secado artificial y natural	62
Figura 20. Proceso de cocción, habilitación de las cámaras del horno.	63
Figura 21. Habilitación Horno colmena.....	64
Figura 22. Etapa final, producto listo para distribución.....	65
Figura 23. Conexión entre PLCs y HMI. (Software Tia Portal).....	65
Figura 24. Especificaciones del controlador e interfaz hombre - maquina.....	66
Figura 25. Simulador controlador PLCSIM.....	66
Figura 26. Fragmento Programación KOP o Ladder del sistema de control	67
Figura 27 Pantalla principal e inicio de sesión al sistema	68
Figura 28. Ingreso de usuarios al sistema	69
Figura 29. Lista y Permisos de usuario.....	69
Figura 30. Configuración de producto y cantidad (Recetas)	70
Figura 31 Primera etapa del sistema SCADA.....	71
Figura 32. Sistema SCADA de la Etapa de Homogenización y moldeado.	72
Figura 33. Sistema SCADA de la etapa de secado artificial. Preparación del carbón triturado.....	73
Figura 34. Etapa de cocción en horno tipo colmena.....	74
Figura 35. Etapa de cocción en horno tipo Hoffman.	75
Figura 36. Etapa final de empaquetado y distribución	76

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Almacenamiento de la materia prima “arcilla”. Ladrillera El Rubi	13
Ilustración 2. Transporte de la materia prima por medio de maquinaria bulldozer. Ladrillera El Rubí S.A.S	14
Ilustración 3. Operario encargado del suministro de arcilla al molino de martillo. Ladrillera El Rubi S.A.S	15
Ilustración 4. Zona de molienda y paso de materia prima a banda transportadora. Ladrillera El Rubí S.A.S	16
Ilustración 5. Transporte de materia prima por medio de banda transportadora. Ladrillera El Rubí S.A.S.....	16
Ilustración 6. Clasificación tipo de arcilla “fina y gruesa” Ladrillera El Rubí S.A.S.....	17
Ilustración 7. Maquina dosificadora de la materia prima. Ladrillera El Rubí S.A.S	18
Ilustración 8. Suministro de la materia prima para el mezclador.	18
Ilustración 9. Mezcla de agua y arcilla para su homogenización.	19
Ilustración 10. Paso de la masa de arcilla luego de su homogenización.....	20
Ilustración 11. Ingreso de la masa para extracción de agua y aire comprimido de la arcilla. Ladrillera El Rubí S.A.S	20
Ilustración 12. Maquina encargada de dar forma al material.....	21
Ilustración 13. Proceso de moldeo del material. Ladrillera El Rubí S.A.S.....	21
Ilustración 14. Corte del material crudo, Ladrillera El Rubí S.A.S	22
Ilustración 15. Operario encargado de estibar el producto en carretas. Ladrillera El Rubí S.A.S	23
Ilustración 16. Secado natural del producto en ramadas. Ladrillera El Rubí S.A.S	24
Ilustración 17. Operarios encargados del endague del producto en el horno Hoffman. Ladrillera El Rubí S.A.S	24
Ilustración 18. Material apilado en el horno para su cocción.	25
Ilustración 19. Horno tipo Colmena. Ladrillera El Rubí S.A.S	26
Ilustración 20. Maquina suministradora de carbón mineral “carbojet”.	26
Ilustración 21. Brameras ubicadas en la parte superior del horno	27
Ilustración 22. Operarios encargados del deshorne y almacenamiento.	28

Lista de Anexos

Anexo 1. Diagrama diseño P&ID automatizado Ladrillera El Rubí-Tunja (parte 1)	83
Anexo 2. Diagrama diseño P&ID automatizado Ladrillera El Rubi-Tunja.....	84
Anexo 3. Grafcet diseño automatización Ladrillera el Rubí S.A.S Tunja.....	85

Resumen

En este documento se presenta el diseño de la Automatización del proceso de producción de materiales de construcción a base de arcilla para la empresa Ladrilleras el Rubí ubicada en la ciudad de Tunja.

Además, se expone la investigación que se llevó a cabo, la visita técnica a la empresa para observar y determinar si era factible realizar este diseño y que tipo de automatización se le debe realizar al proceso de producción. Con respecto a la investigación y visita a las instalaciones de la empresa, se decidió que el nivel de automatización ideal para el proceso es de tipo SCADA (operación y supervisión).

Dentro del diseño se presenta el diagrama P&ID, donde se plasman todas las etapas del diseño automatizado, como sus conexiones, diferentes tipos de instrumentos, maquinaria, equipos, canalizaciones, etc. El graficet de programación, el cual es un diagrama de control con las etapas y transiciones de todo el proceso. Por último, la simulación en tiempo real del sistema SCADA en el software Tia Portal V14 de Siemens, y una interfaz hombre maquina HMI.

1. Introducción

En tiempo de la era digital y tecnológica, la automatización viene a tomar una relevancia en los procesos de innovación en las empresas de producción, pues esta permite agilizar los procesos, mejorar la calidad, optimizar tiempo, contribuir con el medio ambiente y reducir costos, para beneficio de esta.

La industria manufacturera y en especial la producción de ladrillo es fundamental en el sector económico de la construcción, pues este sector económico cada día se incrementa, significa entonces que las ladrilleras tienen una gran demanda por tanto se exige su tecnificación, con el fin de suplir esta demanda. En la tecnificación es donde está el problema ya que la gran mayoría de ladrilleras son artesanales y con mínima visión de automatización, son varios los aspectos que no permiten que estas pequeñas fábricas se industrialicen, entre ellas encontramos, falta de recursos económicos, la capacitación especializada de sus empleados, la tradición, el confort en su labor, la falta de visión tecnológica y la incursión en el mundo globalizado.

Lo expuesto en los párrafos anteriores nos indica que la industria del ladrillo se encuentra en una situación de atraso tecnológico y se hace necesario tomar medidas urgentes con el fin de posicionar este renglón económico, importante para el desarrollo económico de los municipios y a su vez mejorar la calidad de vida de los empleados y dueños de los llamadas chircales, que es donde se produce esta materia prima para el sector de la construcción.

2. Planteamiento del Problema

Según un artículo de la ANDI (2019), De acuerdo con la Corporación Ambiental Empresarial, el 25% de las toneladas de ladrillos en Colombia es producido por la gran industria en tan solo el 3% de los hornos tecnificados, mientras que el 75% de la producción pertenecen a empresas artesanales que lo fabrican en el 97% de los hornos convencionales, lo que corrobora la alta informalidad. Este panorama nos indica que propender por la formalidad es una de nuestras prioridades. Este artículo nos proporciona información de la realidad en que se encuentra la producción de ladrillo en Colombia, significa según estos porcentajes que aún persiste el trabajo artesanal informal, de otro nos da a entender que se necesita tecnificar este sector de la economía nacional, para ser competitivo y mejorar la línea de producción.

En el artículo ‘Producción en canteras ha registrado leve crecimiento’ de la revista portafolio de fecha junio 20 de 2019, se resalta que la titulación de tierras destinadas a la extracción de materiales para la construcción en Colombia, corresponde al 41 % y que para la economía del país le deja anualmente \$ 2,4 billones, estos datos ofrecidos en la entrevista a Juan F. Restrepo, de Ladrillera Santafé, quien los tomo de la Agencia Nacional de Minería, lo que significa la importancia del sector ladrillero en el desarrollo del país no solo por el aporte a la economía sino además por la generación de empleo, pero también por otro lado deja ver que el impacto ambiental es significativo al cual hay que hacer un seguimiento y tomar las medidas pertinentes.

Para este empresario el sector tuvo un decrecimiento durante los años 2017 y 2018 entre el 15% y 18%., sin embargo, se espera que para el 2019 haya un crecimiento entre un 5% a 7% y para él “Hay que tener en cuenta que la producción de arcilla es directamente proporcional al crecimiento de la construcción”.

La necesidad de automatizar, mejorar los procesos de producción y fabricación de la Ladrillera el Rubí surge porque en este momento la empresa no está haciendo uso eficiente de la energía eléctrica y la materia prima (arcilla, agua, carbón), por tal razón se está contaminando el medio ambiente. Además, los procesos de producción y fabricación son lentos y de baja calidad. Lo anterior se evidencia en que la empresa cuenta con maquinaria industrial para efectuar algunos procesos, pero estas máquinas son únicamente de encendido y apagado manual “ON/OFF y otros procesos se hacen manualmente, lo que representa que no haya una homogeneización en los productos.

Pregunta de investigación.

¿De qué manera influye la automatización de la ladrillera El Rubí en los procesos de producción y fabricación, ¿qué impacto económico y social genera?

3. Justificación

En un artículo del periódico virtual EL DIARIO, según Camacol Boyacá & Casanare entre los años 2017 y 2018 no fueron los mejores años en materia de vivienda en el departamento de Boyacá, pero esta tendencia empezó a mejorar en 2019, por tanto, se espera una proyección positiva para el 2020. El DANE ofrece cifras de ventas de unidades de vivienda alrededor de 2325 para el departamento de Boyacá lo que implica un repunte del 14,3% al cierre del año.

Teniendo en cuenta el informe presentado por José Alejandro Martínez, docente del Instituto para el Emprendimiento Sostenible de la Universidad EAN, y dado a conocer a El Tiempo (4 de diciembre de 2020) en entrevista, comenta que en Colombia hay alrededor de 1.400 ladrilleras, y según el entrevistado el 70 % persisten con tecnologías artesanales y producen entre el 30 y 35 % del total de ladrillos en el país. Además, este informe revela que de estas ladrilleras el 30 % están ubicadas principalmente en Boyacá.

Un dato importante de este informe es que este renglón de la economía genera empleos directos e indirectos y representa el 0,15 por ciento del total de empleos en Colombia, es decir, cerca de 30.000, de los cuales cerca del 50 por ciento se ubican en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca. Lo anterior deja entrever la importancia de este sector de la producción en la región y el impacto que genera en su economía

La empresa el RUBI SAS comercializa sus materiales de construcción en la ciudad de Tunja y alrededores, teniendo en cuenta la proyección de incremento de ventas para el 2021 se hace necesario tecnificar la empresa con el fin de cumplir metas de

crecimiento para surtir las necesidades de materiales de construcción y a la vez proyectar su venta a nivel departamental y Nacional, por tanto, una automatización de la empresa le generaría posicionamiento comercial y calidad del servicio.

4. Objetivo General

Realizar el diseño de la automatización industrial para fabricación y producción de materiales de construcción a base de arcilla en la ladrillera El Rubí S.A.S, ubicada en la ciudad de Tunja, Colombia.

Objetivos Específicos

1. Identificar las falencias en el proceso de fabricación de bloque y ladrillo debido a la falta de tecnificación industrial.
2. Diseñar un diagrama P&ID utilizando el software Microsoft Visio, para así determinar la mejor alternativa de automatización.
3. Determinar la programación y control del sistema de automatización de la Ladrillera, realizando un Grafcet, donde indique etapa por etapa el proceso a llevar a cabo.
4. Realizar la simulación del Sistema SCADA del proceso de automatización por medio del Software Tia Portal, usando una HMI y PLCSIM.

5. Marco de Referencia

Estado del arte.

Tabla 1 Estado del arte

Título del proyecto	Autores	Objetivo del proyecto	Año
Diseño de fábrica ladrillera potencializando procesos productivos, ambiente laboral e impacto medioambiental	Miguel Ángel Galindo Rodríguez	Crear una propuesta de rediseño de la Ladrillera El Oasis del municipio de Oicatá “Boyacá”, con un modelo espacial para potencializar la seguridad industrial, la productividad en los procesos industriales de la empresa, condiciones espaciales de trabajo, impacto medioambiental y energético.	2015 Bogotá
Propuesta de transformación del proceso de producción de ladrillo para la población alfarera artesanal del corregimiento de Jongovito, Municipio de Pasto	Daniela María Rodríguez Torres	Formular una propuesta de transformación del proceso de producción de ladrillo para la población alfarera artesanal del corregimiento de Jongovito en el municipio de Pasto, Nariño.	2018 San Juan de Pasto
Propuesta de modelo de gestión de la innovación tecnológica para aumentar la competitividad de las ladrilleras del departamento de Sucre.	Sandra Milena de Hoyos Benítez	Proponer un modelo de gestión de la innovación tecnológica basado en un estudio de vigilancia tecnológica que, aplicado a las empresas ladrilleras de Sucre, contribuya al aumento de la competitividad de dicha industria.	2016 Cartagena

Fuente: Autores

Para abordar la situación de las ladrilleras en cuanto a su tecnificación se da una mirada desde la historia y podemos observar que aún persiste el trabajo artesanal en este campo. Por otro lado, es indispensable saber el papel que juega este sector económico en el desarrollo y mejoramiento de la construcción; aquí es algo paradójico porque mientras se modernizan las construcciones, el proceso de fabricación de la materia prima para estas construcciones no se tecnifica en su totalidad.

Se han adelantado algunos estudios relacionados con la tecnificación de las ladrillera, de los cuales se resalta el trabajo adelantado por Galindo Miguel en su proyecto “Diseño de fábrica ladrillera potencializando procesos productivos, ambiente laboral e impacto medioambiental” en el cual se pretende mejorar la seguridad industrial, el proceso de fabricación y el impacto ambiental, el autor describe las etapas para la fabricación de ladrillo y aclara que estas etapas son susceptibles de cambios de acuerdo al ahorro energético, y el impacto ambiental, lo que implica optar por la tecnificación de los procesos de fabricación de este insumo de la construcción.

De otro lado se encontró el estudio “Propuesta de transformación del proceso de producción de ladrillo para la población alfarera artesanal del corregimiento de Jongovito, Municipio de Pasto” en este trabajo investigativo el autor Rodríguez Daniela, deja entrever la necesidad de modificar el proceso de fabricación de ladrillo, debido a que el proceso que adelantan afecta el medio ambiente, consume demasiado combustible y este proceso lleva bastante tiempo, lo que influye en la calidad del producto final y por otro lado al ser la mayor productora de ladrillo de la región sus finanzas sufren por que los tiempos de producción y calidad no son óptimos.

En este trabajo investigativo de Rodríguez se evidencia la baja calidad de materia prima para la elaboración de ladrillo, así como, los hornos para la cocción demandan una gran cantidad de tiempo y son hornos manuales (ON/OFF), como también en estos hornos no se puede controlar la temperatura. El impacto ambiental afecta a la cuenca del río Pasto y los residuos que deja estos hornos son tóxicos, contaminantes y no hay un proceso de tratamiento.

Para complementar y referenciar los trabajos adelantados por otros autores se destaca el proyecto “Propuesta de modelo de gestión de la innovación tecnológica para aumentar la competitividad de las ladrilleras del departamento de Sucre” cuyo fin primordial es aumentar la competitividad mediante la tecnificación en el proceso de fabricación de ladrillo, presentando una propuesta de innovación tecnológica.

A manera de resultados la autora Sandra Milena de Hoyos Benítez, propone seis ejes fundamentales para la competitividad y la innovación del sector ladrillo, tales como: diagnóstico, estrategia de innovación, vigilancia, generación de ideas, desarrollo de proyectos y protección, estas fases como plan estratégico de la organización e innovación.

Como aporte de estas tres investigaciones para el trabajo investigativo que se adelanta, se resalta la necesidad de tecnificar, innovar y reorganizar los procesos adelantados en la fabricación de materiales a base de arcilla, de otro lado la propuesta de trabajo se orienta hacia la automatización y por lo cual este es un proceso de tecnificación que va más allá de las propuestas anteriores, sin embargo, son referente importante e insumo que aporta en el estudio que se adelanta.

Marco Teórico.

Para contextualizar la propuesta a través del estudio investigativo, es importante conocer dos aspectos relevantes que implica objeto de estudio “Realizar una propuesta de diseño como proceso de automatización en la fabricación y producción de materiales de construcción a base de arcilla en la ladrillera El Rubí SAS, ubicada en la ciudad de Tunja, a través del software MICROSOFT VISIO para mejorar el rendimiento de producción y calidad del producto”, estos se relacionan mutuamente ya que uno depende del otro en cuanto a producción y calidad. Se hace referencia al proceso de fabricación de bloque y ladrillo para la tecnificación y automatización de las fábricas.

Proceso de fabricación de materiales de construcción a base de arcilla.

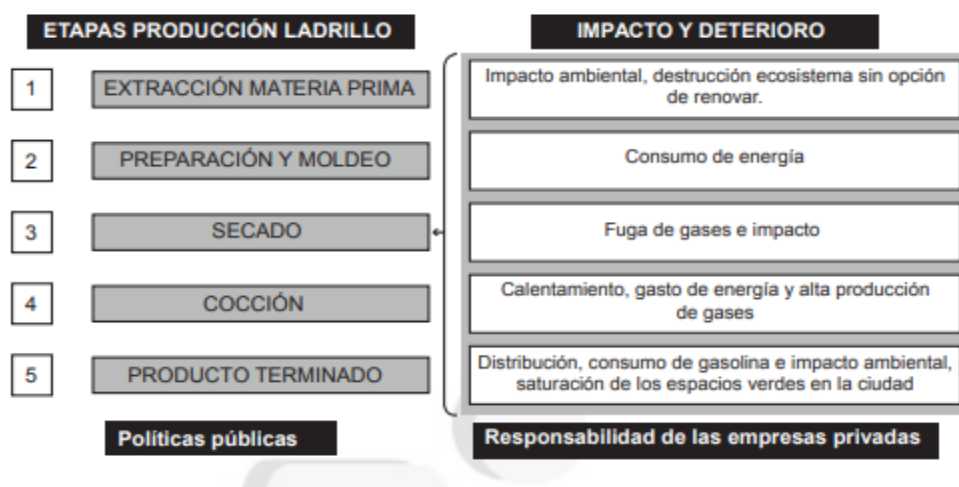
“El proceso productivo se divide en diferentes etapas en donde los insumos involucrados van sufriendo modificaciones para obtener un producto final con su posterior colocación en el mercado” según la revista digital Gestion.ORG, significa entonces que en todo proceso ya sea industrial, empresarial o institucional se deben seguir etapas; la elaboración de bloque y ladrillo no es la excepción y desde que se tiene conocimiento, este proceso se ha modificado según las necesidades de la época y demanda, sin embargo, la mayoría de las fábricas se rigen por un proceso artesanal que al igual de un industrial tienen unas etapas para su producción.

La mayoría de los autores coinciden que este proceso se compone de las siguientes fases y según Ocampo David (2013)

1. Extracción de la arcilla como materia prima (manual o industrial)
2. Preparación y Moldeado (manual o industrial)
3. Secado
4. Horneado
5. Producto terminado

Este autor mediante el siguiente diagrama esquematiza el proceso

Figura 1. Elaboración del ladrillo



Fuente. Ocampo David

Desde el trabajo que se adelanta y las visitas de campo el proceso de elaboración de bloque y ladrillo en la ladrillera El Rubí, se evidencia el siguiente proceso:

1. Desgasificación de materia prima (arcilla)
2. Mezcla de arcilla
3. Molienda
4. Clasificación de la arcilla según su textura

5. Almacenamiento de la arcilla clasificada
6. Homogenización de la arcilla
7. Laminado de arcilla
8. Cortado del laminado
9. Estibar el producto (bloque o ladrillo)
10. Cocción
11. Deshorne
12. Distribución

Este proceso es más específico, sin embargo, se ajusta al proceso estándar, cabe resaltar que en esta fábrica algunas etapas del proceso están industrializadas.

Figura 2. Etapas de elaboración de ladrillo y bloque



Fuente. Autores

Proceso semiindustrial de la ladrillera el Rubí S.A.S.

Desgasificación

Debido a la materia prima para la fabricación de materiales de construcción a base de arcilla, la ladrillera el RUBI SAS debe abastecerse de esta materia prima, que no se encuentra en su entorno de fabricación, por tanto, se ve a la necesidad de contratar proveedores que le suplan esta necesidad. La arcilla utilizada es de 7 tipos diferentes las cuales son extraídas de minas autorizadas por CORPOBOYACÁ y transportadas a la fábrica por medio de vehículos de carga tipo volquetas. La arcilla es dejada a la intemperie en las instalaciones de la fábrica, durante un tiempo mínimo de 12 meses para evitar fisuras en el productor final. Este proceso en pocas palabras es la maduración de la arcilla que como se dijo anteriormente se deja al aire libre para la remoción de líquidos y gases y de esta forma evitar fallos de calidad en el producto.



Ilustración 1. Almacenamiento de la materia prima “arcilla”. Ladrillera El Rubi

En esta primera etapa se requiere de otro vehículo tipo bulldozer y su respectivo operario encargado de recibir y apilar o almacenar la materia prima.

Traslado de la materia prima a la molienda

Esta etapa consiste en estar removiendo la arcilla para mezclarla y terminar el proceso de desgasificación. En este proceso se selecciona la arcilla que está en su punto de maduración y es alojada cerca al lugar de la molienda. Esta labor la realiza el mismo operario del bulldozer encargado de la recepción de la materia prima.



*Ilustración 2. Transporte de la materia prima por medio de maquinaria bulldozer.
Ladrillera El Rubí S.A.S*

Molienda

Esta etapa consiste en triturar la arcilla y se hace a través de un molino de martillo que funciona por intervalos de 15 minutos, un operario es el encargado de estar suministrando la arcilla utilizando una pala, es decir es un proceso manual. Para tener un control adecuado de la cantidad de arcilla al molino de martillo un operario encargado del cajón alimentador emite una alarma que indica que la cantidad de arcilla llegó a su nivel establecido, por tanto, el operario de la molienda deja de suministrar y este proceso se repite continuamente.



*Ilustración 3. Operario encargado del suministro de arcilla al molino de martillo.
Ladrillera El Rubi S.A.S*



*Ilustración 4. Zona de molienda y paso de materia prima a banda transportadora.
Ladrillera El Rubí S.A.S*

Banda transportadora

Después de molida la arcilla es transportada a través de una banda compuesta por un motor, una banda elástica y rodillos que permiten que la arcilla circule con mayor fluidez. Al final de la banda transportadora se encuentra una cernidora (malla) lo que permite separar y clasificar la arcilla en dos tipos (fina, gruesa) las cuales tienen fines diferentes, de acuerdo al tipo de producto que se quiera fabricar. La banda transportadora tiene una dimensión de 50 metros del lugar de molienda hasta la selección de la arcilla



*Ilustración 5. Transporte de materia prima por medio de banda transportadora.
Ladrillera El Rubí S.A.S*

Después de la clasificación la banda transportadora tiene dos rutas dependiendo del producto que se esté fabricando para depositarlo en el cajo alimentador. En la Imagen 6., se observa que el proceso de clasificación de la arcilla es artesanal, y desviado con barreras hechizas en tabla. Se puede observar también que la arcilla gruesa es la que pasa directamente a la banda transportadora que va al cajón alimentador. En el momento en que se quiera usar arcilla fina los operarios deben suministrarla manualmente usando herramientas tipo pala.

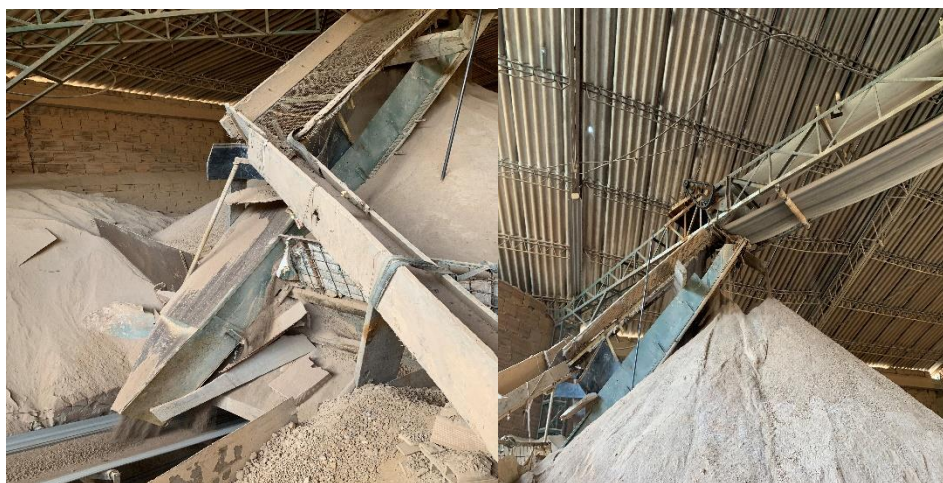


Ilustración 6. Clasificación tipo de arcilla “fina y gruesa” Ladrillera El Rubí S.A.S

Cajón alimentador

Sirve para dosificar la cantidad de arcilla que se necesita para la elaboración del producto final, es decir, controla el suministro de la materia prima ya seleccionada. En esta sección hay un operario encargado de supervisar que se lleve adecuadamente el

proceso de suministro y quien a su vez cuando el cajón alimentador está en su límite, emite una alarma para avisar al operario de la molienda que no le envié más arcilla.



Ilustración 7. Maquina dosificadora de la materia prima. Ladrillera El Rubí S.A.S



*Ilustración 8. Suministro de la materia prima para el mezclador.
Ladrillera El Rubí S.A.S*

Mezclador

En esta etapa se mezcla la arcilla con agua por medio de rodillos mecánicos con el fin de generar la contextura de la masa arcillosa, y mediante una banda esta pasta es transportada a la maquina laminadora. Es de anotar que el suministro de agua se hace a través de presión por medio de mangueras.

Con el fin de garantizar el producto final se utiliza seis kilogramos de arcilla por dos litros de agua necesarios para elaborar un bloque o tres ladrillos. Para etapa se cuenta con un operario que enciende las bandas transportadoras, suministra agua y la cantidad de arcilla.



Ilustración 9. Mezcla de agua y arcilla para su homogenización.

En la Ilustración 9., se observa una taza o garrafa que el operario utiliza para agregar más cantidad de agua si es necesario.

Laminador

Consiste en triturar las partículas gruesas, mezclar y dar forma a la masa en forma de lámina. En este proceso se extrae el aire comprimido de la arcilla, así como el agua sobrante, es decir, quitar burbujas que puedan afectar el producto final, este proceso de eliminación de agua y aire se hace por medio de tubo extractor o tubo de vacío. Los residuos de agua son almacenados en un tanque de reserva siendo reutilizable.



Ilustración 10. Paso de la masa de arcilla luego de su homogenización.



Ilustración 11. Ingreso de la masa para extracción de agua y aire comprimido de la arcilla. Ladrillera El Rubí S.A.S

Formadora o Extrusora

En esta etapa la lámina de la masa de arcilla fluye por medio de la maquina y le da forma al producto final en dos tiras continuas. Dependiendo del producto que se quiera fabricar es necesario utilizar boquillas diferentes las cuales son intercambiables para hacer el moldeado.



Ilustración 12. Maquina encargada de dar forma al material.



Ilustración 13. Proceso de moldeado del material. Ladrillera El Rubí S.A.S

Cortadora

Por medio de dos cadenas que sujetan un hilo y en secuencia al movimiento de la banda transportadora se realiza un corte dependiendo de las dimensiones del producto, contiene una pieza circular la cual realiza el sello de certificación de la empresa el rubí en cada uno de los productos fabricados. Cabe anotar que esta cortadora hace parte de una sola máquina que contiene tres procesos: laminador, formadora y cortadora.



Ilustración 14. Corte del material crudo, Ladrillera El Rubí S.A.S

Estibar

Esta etapa consiste en ordenar o apilar el producto después del paso de la cortadora, se apilan ciento treinta y cinco bloques o trecientos ladrillos sobre una carreta para ser transportado al secado, para la cual se requieren dos operarios quienes deben manipular el producto con mucho cuidado porque aún esta, crudo.



Ilustración 15. Operario encargado de estibar el producto en carretas. Ladrillera El Rubí S.A.S

Área de Secado Natural

En esta etapa se desmonta el producto de las carretas y son apilados de nuevo dentro de ramadas (palos y tejas) para dejarlos expuesto al clima y dependiendo de este, se deja entre veinticuatro y treinta y seis horas de secado para el bloque, y para el caso del ladrillo se dejan ocho días.



Ilustración 16. Secado natural del producto en ramadas. Ladrillera El Rubí S.A.S

Endague

En esta etapa es conducido el producto en crudo al alto horno, que es tipo Hoffman, donde cinco operarios tienen la función de encarrilar en sus respectivas cámaras por medio de bancos o petacos en donde se almacena o bien el bloque o también el ladrillo.



Ilustración 17. Operarios encargados del endague del producto en el horno Hoffman. Ladrillera El Rubí S.A.S

El horno Hoffman es de forma elíptica y de cocción continua (la ladrillera El Rubí lleva 20 años sin apagar su horno); Las cámaras son paralelas, las dos laterales son de mayor longitud que las centrales, las cuales están cortadas y separadas de la zona de los conductos de gases y de recuperación de calor, este está compuesto por dos pasillos laterales cada uno con seis cámaras donde se almacena el producto crudo para su posterior cocción.



Ilustración 18. Material apilado en el horno para su cocción.

La ladrillera el Rubí cuenta, con un horno colmena el cual está construido en forma de cámaras circulares con paredes y techo en bóveda de ladrillo que sirve para almacenar y cocinar el ladrillo en grandes cantidades, este funciona mediante combustión

manual en parrillas ubicadas en las paredes del horno y la empresa lo utiliza únicamente cuando hay grandes cantidades de producción de ladrillo dependiendo de su demanda.



Ilustración 19. Horno tipo Colmena. Ladrillera El Rubí S.A.S

Cocción

En esta etapa se abastece del material de combustión (carbón mineral) con el fin de suministrarle la temperatura adecuada, la etapa de cocción se realiza en la parte superior del horno, mediante un equipo de alimentación a presión tipo carbojet (alimentación neumática), la cual realiza la dosificación mediante mangueras, impulsado el combustible con una corriente de aire a presión.



Ilustración 20. Maquina suministradora de carbón mineral “carbojet”.

La parte superior de las cámaras tienen aberturas cilíndricas ubicadas sobre el techo del horno denominadas brameras, lugar en el cual se efectúa la inyección de combustible por medio de equipos dosificadores con presión de aire. Estas se comunican con el túnel de quema. Debajo se localiza un espacio de circulación de aire para el encendido del combustible. Las brameras se ubican de forma transversal al horno formando líneas de alimentación. Cada línea está conformada de 4 a 6 brameras distribuidas a lo ancho del horno, con una distancia entre línea y línea de 1 a 2 m. Cada cuatro horas se cocinan 2600 bloques a una temperatura de 1060°C



Ilustración 21. Brameras ubicadas en la parte superior del horno

La forma de determinar la temperatura en las cámaras es visual, con respecto al color del fuego.

Deshorne

En esta etapa se deja de suministrar el carbón mineral por medio del carbojet con el fin de disminuir la temperatura; este proceso se realiza cuando un operario verifica a simple ojo el color del producto y es quien determina si está listo para retirarlo del horno y almacenarlo en una bodega para la posterior venta.



Ilustración 22. Operarios encargados del deshorne y almacenamiento.

La ladrillera el Rubí fabrica a diario entre ocho mil y 10 mil bloques, así como entre 24 mil y treinta mil ladrillos dependiendo la demanda, en este proceso de fabricación la empresa el rubí tiene pérdidas de producción de material entre el 5% y 8%.

Proceso de tecnificación y automatización de ladrilleras.

Para que toda empresa, industria, fabrica, entre otras mejoren su rendimiento productividad y calidad de vida se requiere de procesos de tecnificación y automatización que garanticen el producto o servicio final, para Espinosa Raúl (2018) las empresas deben implementar la automatización con el fin de: disminuir las cargas de trabajo, reducir

tiempos de actividades, precisión de procesamiento evitando errores, ahorro de costos, control real del proceso. Significa entonces que trae más ventajas la implementación de una tecnificación y automatización que si se siguen procesos convencionales, es decir, lo que se busca es mejorar la productividad, la calidad del producto y, por tanto, la rentabilidad.

En el caso de la tecnificación y automatización de las ladrilleras los resultados se medirían en términos de productividad, rendimiento, calidad, mayor producción, seguridad industrial, contribución al medio ambiente y por tanto ganancias económicas.

Para alcanzar resultados óptimos se tienen en cuenta las siguientes fases:

1. Estudio de factibilidad
2. Diseños (planos)
3. Simulaciones software
4. Toma y análisis de datos
5. Implementación de diseños
6. Pruebas (calidad, rendimiento, producción)
7. Viabilidad

Marco Conceptual

Para dar más claridad y comprender algunos términos técnicos es importante definirlos y contextualizarlos dentro de la propuesta diseño y simulación para la automatización de los procesos de fabricación de materiales de construcción a base de arcilla, con el fin de encontrar una relación con este estudio y que sean base teórica para referenciar.

Materia Prima

- Arcilla

El término arcilla, que se considera y define de muchas maneras, es variable y difícil de precisar. Desde el punto de vista de su origen, la arcilla no tiene significado unitario ya que puede ser un depósito sedimentario, un producto de meteorización, un producto hidrotermal o ser el resultado de una síntesis. La imprecisión del término arcilla radica en que conceptualmente es diferente para el ceramista, el geólogo, el edafólogo o el fabricante de ladrillos (Besoain).

La definición más completa parece ser la propuesta por Rhodes, que indica que la arcilla constituye un agregado de minerales y de sustancias coloidales que se han formado mediante la desintegración química de las rocas alúminas. Ésta ha sido obtenida por procesos geológicos de envejecimiento del planeta. Debido a que el proceso de envejecimiento es continuo y ocurre en cualquier punto del planeta, es considerada un material corriente y bastante abundante.

La gran mayoría de las rocas que conforman la corteza terrestre están formadas de feldespato ya que es el mineral más común de la Tierra. A este tipo de rocas formadas por feldespato se le conoce como rocas feldespáticas. Debido a la descomposición de estas rocas es que se da origen a la formación de arcilla (Rhodes).

La arcilla es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura (LESCANO, 2014).

- Características físicas de la arcilla

Es indudable que la caracterización de la arcilla depende de la complejidad y proporción de los componentes que la constituyen (Besoain). La distribución granulométrica es una variable de suma importancia, dado que de ella va a depender el grado de empaquetamiento de las partículas y, por tanto, las propiedades físico-mecánicas de los elementos hechos con arcilla tales como porosidad, absorción de agua, resistencia a la flexión, etc. Debido a que el tamaño de los granos de arcilla puede variar mucho dependiendo el tipo de arcilla al que se esté refiriendo, las propiedades físicas de las arcillas también varían (Rhodes).

- Propiedades de la arcilla

Las propiedades, que dependen de su mineralogía, estado físico e historia geológica, pueden modificarse con relativa facilidad y sus amplios usos son función de sus propias características y de las que resultan al asociarse con otras sustancias.

Con el fin de entender mejor el comportamiento de la arcilla utilizada para la conformación de la mezcla para ladrillos, a continuación, se definen algunas de las principales propiedades de la arcilla:

1. **Plasticidad:** Ésta es la propiedad principal de las arcillas que la hacen adecuada para la fabricación de ladrillo y que hace referencia a la habilidad que tiene la arcilla, en combinación de cierta cantidad de agua, de mantener casi cualquier forma que se le dé.
2. **Contracción:** Propiedad de las arcillas que produce una disminución en las dimensiones de lo que se esté moldeando al perder humedad. Al momento de

realizar el moldeado, la arcilla se encuentra húmeda y con un alto contenido de agua, y cuando se realiza el proceso de secado la mezcla pierde el agua que contenía produciendo una reducción en el tamaño de la pieza moldeada.

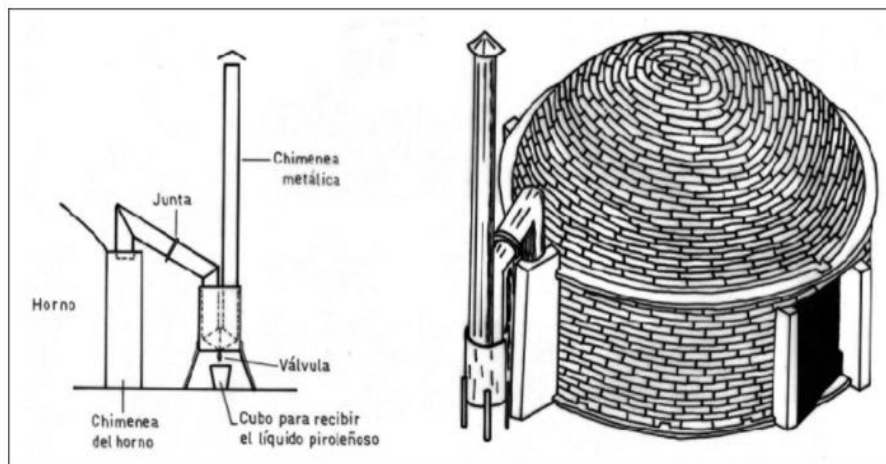
3. Refractoriedad: Propiedad de las arcillas, que se refiere a la resistencia a los aumentos de temperatura. Todas las arcillas tienen esta propiedad, pero algunas presentan un mayor grado de refractoriedad. La variación en el grado de refractoriedad de una arcilla a otra se debe al contenido químico de alúmina y sílice. Si la arcilla cuenta con un porcentaje alto de estos compuestos esta propiedad será mayor.
4. Porosidad: La porosidad de las arcillas varía de un tipo a otro. Esta propiedad depende mucho del tamaño de grano que tenga la arcilla. Si la arcilla tiene un tamaño de grano grande la porosidad será mayor que la de una arcilla con un tamaño de grano pequeño. Al momento de moldear y compactar la mezcla que será utilizada en la fabricación, las arcillas con granos pequeños quedan más unidas unas con otras. Esto evita que se acumule tanta agua entre ellas y disminuyen las cavidades provocadas por la evaporación del agua.
5. Color: Las arcillas se presentan con variados colores, siendo blancas las arcillas más puras, pero, en general, son más o menos grises, pero, en general, son más o menos grises, a veces azules o negras, y frecuentemente, amarillas o rojas, estos matices dependen de su contenido químico.

Horno Colmena

Un horno de colmena es un tipo de horno que se utiliza desde la Edad Media en Europa. Recibe su nombre de su forma abovedada, que se asemeja a la de un skep , un tipo de colmena anticuada. Su cúspide de popularidad se produjo en América y Europa hasta la Revolución Industrial, que vio el advenimiento de los hornos de gas y eléctricos. Los hornos de colmena eran comunes en los hogares y se usaban para hornear pasteles, tortas y carne. Estos hornos también se utilizaron en la industria, en aplicaciones como la fabricación de tejas y ollas y la conversión del carbón en coque Horno de colmena.

Se utiliza una cámara de ladrillos refractarios con forma de cúpula. Por lo general, tiene 4 metros (13 pies) de ancho y 2,5 metros (8 pies 2 pulgadas) de alto. El techo tiene un orificio para cargar el carbón u otro tipo de leña desde la parte superior. El orificio de descarga se proporciona en la circunferencia de la parte inferior de la pared. Horno de colmena (Wiki, 2020).

Figura 3. Horno de Fuego tipo Colmena

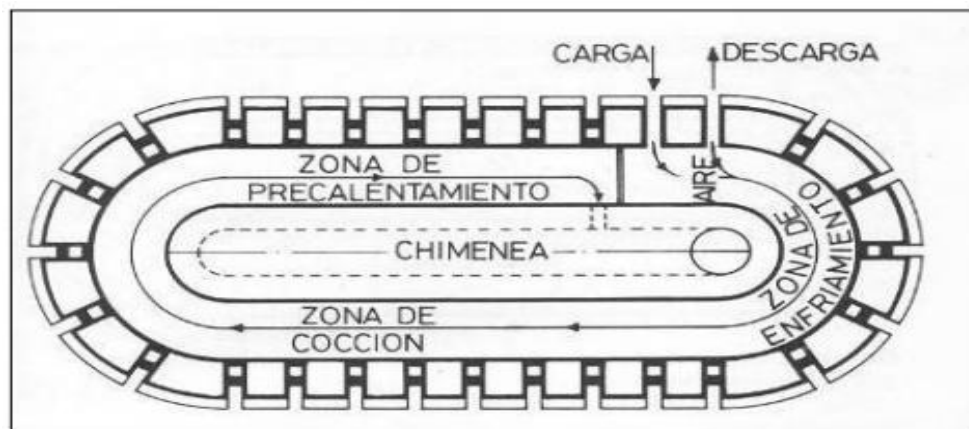


Fuente: Researchgate- Jorge Jimenez

Horno de fuego continuo Hoffman

El funcionamiento continuo de los hornos se caracteriza por el desarrollo ininterrumpido de la cocción y la posibilidad de efectuar las diferentes etapas sin variar el ritmo de la producción. Son hornos de alta producción, donde el fuego se mueve a través del horno en dirección opuesta a las manecillas del reloj; esto permite obtener una alta eficiencia térmica y de producción, ya que el calor obtenido en la cámara de combustión se utiliza en el precalentamiento de las cámaras precedentes.

Figura 4. Horno de Fuego Continuo tipo Hoffman



Fuente: Joyce B, Lescano

Este horno puede ser de planta rectangular y consta de una galería anular rodeada por gruesos muros y cubierta por una bóveda recubierta superiormente por una capa de arena. Esta galería está dividida en varios compartimentos mediante unos tabiques de plancha de hierro que corren por unas rodaduras que sirven de guías. Cada compartimiento tiene una boca o entrada de 0.80 por 1 metro practicada en el muro

exterior del cerramiento, la que sirve para la carga y descarga del material, teniendo, además, en el muro interior un orificio que comunica con otra galería concéntrica y más pequeña que la primera, llamada galería de humo que, a su vez, está en comunicación con la chimenea que establece el tiraje necesario para la combustión mediante cuatro aberturas practicadas en el muro de la chimenea (LESCANO, 2014).

Automatización Industrial

La automatización industrial es el uso de tecnologías para el control y monitoreo de procesos industriales, aparatos, dispositivos o máquinas, que por regla general son funciones repetitivas haciendo que funcionen automáticamente reduciendo al máximo la intervención humana. (STORM, 2018)

Pirámide de la automatización

“La Pirámide de Automatización” es un esquema que trata de representar las distintas áreas básicas que se puede encontrar en una industria con procesos automatizados. Estas áreas se relacionan bastante incluso son dependiente de la informática y las telecomunicaciones, de este tema hablé en un post pasado, llamado Diferencias entre Automatización, Informática y Telecomunicaciones. (steemit, 2017)

Equipos de campo: Es la base de la pirámide, porque es en esta área donde reposa la mayor carga de responsabilidad hablando en términos de confiabilidad y seguridad.

Físicamente se refiere a los instrumentos de medición y acción del proceso automatizado. Aquí se pueden mencionar los medidores de flujo, presión, densidad y temperatura, arrancadores suaves de bombas, actuadores de válvulas, solenoides, motores, robots, entre otros.

Por ser el área de mayor actividad por el uso continuo de los instrumentos, debido a la necesidad de la medición constante de las variables de procesos, también es el área que necesita mayor cuidado y mantenimiento, además de estar expuesta casi siempre a condiciones ambientales adversas.

Control de procesos (PLC): En esta área se encuentran los Controladores Lógicos Programables (PLC por sus siglas en inglés). Estos dispositivos reciben los datos de los instrumentos del área de campo. Y mediante algoritmos programados previamente procesan estos datos para luego dar una respuesta de manera automática a los dispositivos de salida o acción también en campo. Simultáneamente la información de estos datos recibidos, procesados y hasta las acciones tomadas, es de alguna manera enviada a consolas operaciones o computadoras ubicadas en el área siguiente que refiere a la “supervisión”.

Físicamente, la mayoría, son equipos bien robustos en términos de confiabilidad, velocidad de procesamiento y resistencia a condiciones ambientales adversas. Con grandes prestaciones en el manejo de distintos protocolos de comunicación industrial. Los fabricantes de estos equipos procuran cumplir con las grandes exigencias de la

industria, relacionadas con los estándares y normas en la materia. Entre las marcas de PLC's se tienen: Allen Bradley, Honeywell, Siemens, ABB, entre otros.

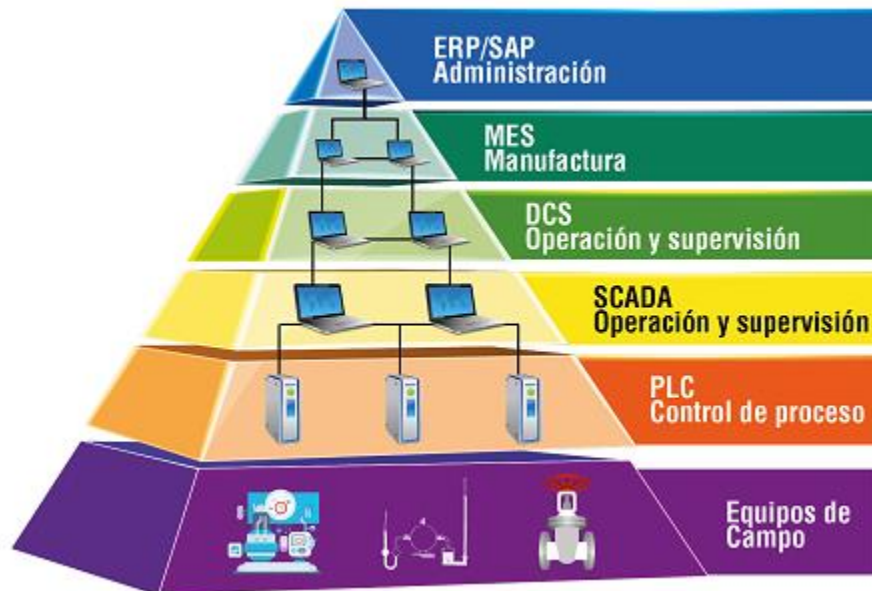
Operación y supervisión (SCADA)

Se refiere a equipos donde una persona puede observar, supervisar y controlar las variables operacionales, tomando con punto de partida los datos de campo que fueron recibidos por los PLC's.

A estos equipos se les dice Interfaz Hombre-Máquina (HMI- Human Machine Interface) y mayormente están ubicados más cerca del proceso automatizado en campo. También se puede hablar en esta área de los Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition) y los Sistemas de Control Distribuidos (DCS - Distributed Control System) que están, normalmente, ubicados a una distancia mayor, dentro de lo que se conoce con el nombre de "Sala de Control".

En esta área es donde una persona puede supervisar y ejercer el control de toda la planta o un área específica. Los datos que adquiere los instrumentos en campo, los procesan los PLC's y los sistemas de supervisión los muestra al usuario final.

Figura 5. Pirámide de la automatización



Fuente: Steemit autinf

Marco Legal

Constitución Política de Colombia 1991

Artículo 25: “El trabajo es un derecho y una obligación social y goza, en todas sus modalidades, de la especial protección del Estado. Toda persona tiene derecho a un trabajo en condiciones dignas y justas”. Con este artículo se garantiza el derecho al trabajo que todo ciudadano colombiano mayor de edad tiene dentro del territorio nacional y que el estado garantiza

Artículo 79: “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines". Toda actividad dentro del territorio nacional que utiliza recursos naturales debe propender por su preservación y cuidado.

Leyes y Decretos en Colombia

Ley 99 de 1993

“Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones”.

Artículo 23

“(…) encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente”. Para la explotación de los recursos naturales se deben tramitar los respectivos permisos ante las corporaciones autónomas regionales que son las encargadas de dar viabilidad a proyectos de exploración del suelo.

Ley 388 de 1997*Artículo 2*

PRINCIPIOS. El ordenamiento del territorio se fundamenta en los siguientes principios: 1. La función social y ecológica de la propiedad. Dentro el plan de desarrollo se debe incluir el plan de ordenamiento territorial con el fin de garantizar el buen uso del suelo que hace parte de cada municipio, con el fin de preservar el medio ambiente y a su vez garantizar el derecho al trabajo.

Norma Técnica Colombiana NTC 6033

“El sello ambiental colombiano para ladrillos y bloques de arcilla” esta norma pretende ser un instrumento de competitividad para el sector de ladrillos, bloques de arcilla y demás productos afines de cerámica roja de la industria ladrillera.

6. Metodología

Tipo de investigación.

Para definir el tipo de investigación se debe tener claro que es lo que quiere alcanzar con el trabajo o proyecto a emprender, para Sampieri (2014) “Gracias a la investigación se generan procesos industriales, se desarrollan organizaciones y sabemos cómo es la historia del universo y la humanidad”, para la propuesta se orientara el trabajo investigativo hacia la transformación de los procesos de la producción a través de la automatización con el fin de lograr mayor rentabilidad y disminuir costos.

De otro lado es importante identificar el paradigma de la investigación como base teórica, y de esta manera orientar el trabajo investigativo, de esta forma el paradigma que más se ajusta al perfil de la propuesta es el positivismo, ya que pretende describir el ¿Qué?, además el papel de los estudiantes investigadores se limita a la recolección y análisis de información, es decir, no se hace parte del objeto de investigación, por tanto, el trabajo es imparcial y objetivo, en este sentido Cerda (p. 39), expresa “ Parte del supuesto de que toda ciencia debe ser neutra, imparcial y objetiva”

De igual manera el tipo de investigación que se pretende adelantar tiene un enfoque cuantitativo, ya que este tiene características que se ajustan al trabajo que se lleva a cabo, como: la descripción y explicación, la generalización y en la abstracción, y así como el carácter neutral de los investigadores., en términos de Sampieri (p. 36) “(...) a una extensa gama de propósitos de investigación, como: describir tendencias y patrones, evaluar variaciones, identificar diferencias, medir resultados y probar teorías”.

Por lo anterior y teniendo en cuenta el paradigma y el enfoque el tipo de investigación que servirá como soporte para adelantar el trabajo investigativo es la investigación cuantitativa, esto por qué, se debe indagar en la descripción de los procesos para la obtención de materiales de construcción a base de arcilla y el impacto que genera la automatización de dichos procesos.

Población.

El proyecto que se adelanta se refiere a la forma como las ladrilleras vienen adelantando sus procesos de elaboración de productos para el sector de la construcción derivados de la arcilla. En sentido, la población objeto de estudio son las ladrilleras en el departamento de Boyacá.

Muestra.

Dentro de las ladrilleras del departamento de Boyacá, y en caso especial de la ciudad de Tunja existen varias fábricas que a la fecha no están totalmente tecnificadas, es de resaltar que algunas de estas fábricas vienen adelantado procesos de tecnificación, sin embargo, los procesos de producción en su mayoría son artesanales. Por tanto, la muestra de estudio para esta investigación es la empresa El Rubí dedicada a la producción de bloque y ladrillo en la ciudad Tunja.

Hipótesis.

Para Sampieri (2014) “Las hipótesis son las guías de una investigación o estudio. Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones

tentativas del fenómeno investigado”, por lo anterior expuesto, las hipótesis llevan a dar una solución tentativa a la pregunta problematizadora. Por tanto y teniendo en cuenta la problemática, las posibles hipótesis que ayudaran a orientar la solución se plantean de la siguiente manera:

La automatización y/o tecnificación contribuyen a optimizar los procesos, contribuyen a tener mayor producción, mejorar la calidad y/o servicios, las empresas son más amigables con el medio ambiente.

Al tecnificar y automatizar la empresa se reducen los riesgos laborales, por tanto, se mejora la calidad de vida de los empleados.

En cuanto a la rentabilidad económica al tecnificar la empresa se reducen costos de producción y hay mayor demanda del producto.

Variables.

Para analizar las hipótesis se deben identificar las variables, que en términos de Smapieri (2014), “Una variable es una propiedad que puede fluctuar y cuya variación es susceptible de medirse u observarse”. Lo anterior significa que el trabajo investigativo debe tener variables medibles y alcanzables, lo que permitirá establecer las pautas a seguir para lograr dar solución o respuesta a la pregunta problematizadora, en este sentido y basándose en las hipótesis las variables trazadas para este estudio investigativo son:

Variables independientes:

Tecnificación, automatización

Variables dependientes:

Optimización de procesos, mayor producción, calidad de servicio o producto, preservación del medio ambiente, calidad de vida de los empleados, rentabilidad económica.

Nivel de Automatización del diseño

El nivel de automatización que se plantea teniendo en cuenta la investigación y la visita técnica a la empresa es de operación y supervisión SCADA.

Etapas metodológicas del proyecto

Figura 5. Etapas metodológicas del proyecto



Fuente: Autores

Estudio Propuesta de Investigación

El proyecto se adelanta a través de un estudio de investigación del sector de la construcción partiendo de la necesidad debido a que la mayoría de fábricas que producen materiales de construcción a base de arcilla persisten aun con métodos artesanales, mientras el diseño de la construcción está continuamente actualizándose, modernizándose y utilizando tecnología, por esta razón se decide adelantar un estudio del proceso de fabricación de estos materiales.

Visita de Campo a Ladrillera El Rubí S.A.S

Para tener mayor claridad del estudio de investigación del sector de la construcción se realiza visitas a la instalación “Ladrillera el Rubí” una las fábricas productoras de materiales a base de arcilla de la ciudad de Tunja, para evidenciar o constatar cómo se lleva acabo las etapas del proceso de fabricación. En cada visita se realiza el recorrido a las instalaciones de la fábrica con un empleado encargado de la producción de la ladrillera para realizar evidencias fotográficas, toma de datos y recolección de información suministrada por el responsable

Estudio del proceso de fabricación

Luego de la recolección de datos e información se estable que la ladrillera el Rubí cuenta con una producción semi industrial para la fabricación de materiales a base de arcilla, motivo por el cual se realiza el estudio de diseño de la automatización de los procesos de fabricación los cuales se parte de las doce etapas establecidas por la ladrillera

para la producción de los materiales, cada una de las etapas es analizada y estudiada, para establecer el buen uso y funcionamiento de las maquinas con las que cuenta la ladrillera, las funciones y actividades de los operarios en cada etapa, con el fin de crear el diseño adecuado de la automatización.

Esta tecnificación se realiza para reducir costos, perdidas de material, optimizar tiempo, mejorar la calidad y tener mejor control de su fabricación.

Diseño P&ID

En el diagrama P&ID se plasman todas las etapas del diseño automatizado, como sus conexiones, diferentes tipos de instrumentos, maquinaria, equipos, canalizaciones, etc. Al realizar un diagrama de este tipo se plantea cada proceso y su respectivo control.

Grafcet de programación

Un Grafcet es un diagrama de control con etapas y transiciones, y es de gran ayuda para programar sistemas de automatización industrial, ya que permite organizar de una mejor manera los comportamientos lógicos de un sistema o programa, por esta razón en este proyecto se realiza el Grafcet de todo el sistema de control de la Ladrillera El Rubí.

Simulación y sistema SCADA

En este proyecto se realiza una simulación del diseño de automatización en tiempo real usando el software Tia Portal, PLCSIM y una HMI para visualizar el sistema SCADA de la planta.

7. Resultados

Diagrama P&ID

Teniendo en cuenta la visita a la ladrillera, y al observar los procesos y maquinaria que usan para fabricar los diferentes materiales de construcción, se planteó como diseño de diagrama P&ID el siguiente, en donde se realiza el control y automatización de las principales etapas mencionadas anteriormente. Se determinó que las maquinas que actualmente la ladrillera utiliza pueden servir e involucrarse en el diseño, pero es necesario tener control de ellas. Este control se realiza por medio de un PLC (Controlador lógico programable) con sus respectivos módulos de control y comunicación.

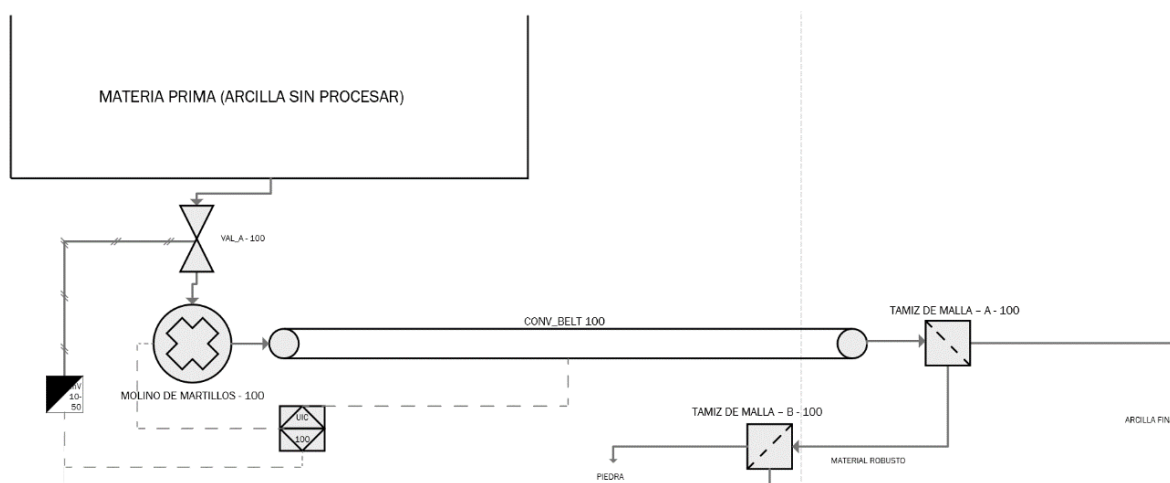
En el diseño se asignaron otros instrumentos y maquinaria, como sensores de temperatura, flujo, nivel, humedad y peso, los cuales permiten dar lecturas de las variables del proceso, y así tener control del sistema, también se tuvieron en cuenta otras bandas transportadoras, además de las que ya posee la ladrillera, de igual manera se asignaron válvulas de apertura y tipo mariposa, las cuales se encargan de suministrar y permitir el paso de algún material cuando se les sea indicado, para la parte de clasificación de la arcilla y el carbón triturado se diseñaron depósitos o contenedores con sensores y válvulas.

Teniendo en cuenta la visita a la ladrillera, y al observar los procesos y maquinaria que usan para fabricar los diferentes materiales de construcción, se planteó como diseño de diagrama P&ID el siguiente, en donde se realiza el control y automatización de las principales etapas mencionadas anteriormente. Se determinó que

las maquinas que actualmente la ladrillera utiliza pueden servir e involucrarse en el diseño de la automatización, pero es necesario tener control de ellas. Este control se realiza por medio de un PLC (Controlador lógico programable) con sus respectivos módulos de control y comunicación. las etapas o procesos que se integran en dicha automatización empiezan desde el momento en que pasa la arcilla sin procesar por el molino de martillos.

La primera etapa en donde se tiene control del proceso es la siguiente (ver Figura 6), en donde se observa que se tiene la materia prima sin procesar, y luego le es permitido el paso por la válvula VAL_A100, la cual envía la arcilla al MOLINO DE MARTILLOS-100, pasando a la banda transportadora CONV_BELT 100, luego se procede a clasificar la arcilla, arcilla gruesa y arcilla fina, para esto se hace pasar la arcilla por unos tamizadores que se encargan de completar esa tarea.

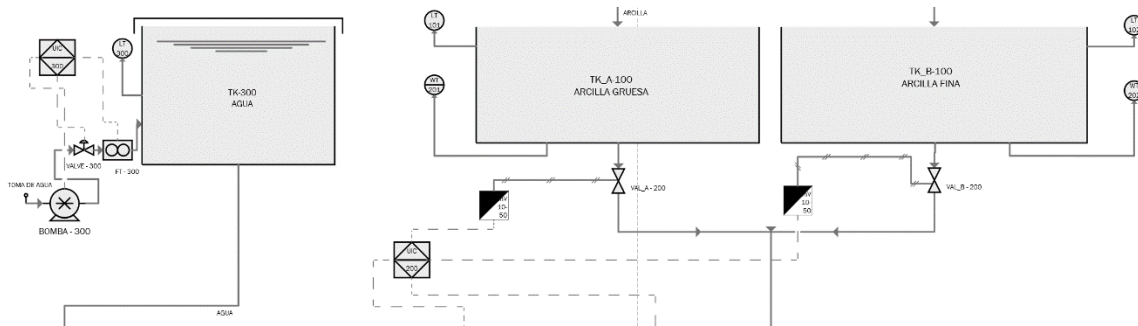
Figura 6. Primera etapa diseño y diagrama P&ID



Fuente: Autores

La siguiente es la segunda etapa, (ver Figura 7), en donde se tienen los depósitos de agua, TK-300, de arcilla gruesa, TK_A-100, y arcilla fina TK_B-100, cada depósito o tanque cuenta con sensores, todos tienen un sensor de nivel que indica si los depósitos tienen material o no, para el caso de los depósitos de arcilla cada uno tiene un sensor de peso, el cual permite saber cuánta cantidad se envía a el proceso. El tanque de agua tiene un control de llenado independiente, con una electrobomba, BOMBA-300, un sensor de flujo, y una válvula tipo mariposa.

Figura 7. Segunda etapa diseño y diagrama P&ID

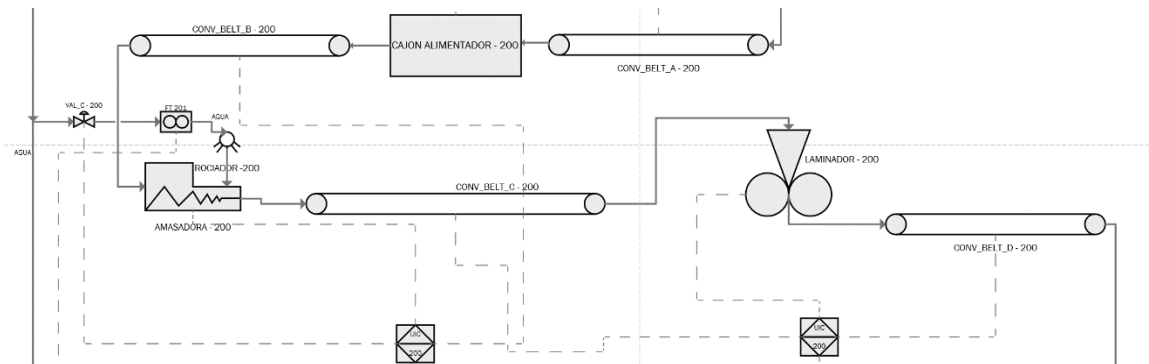


Fuente: Autores

En la Figura 8 se presenta la etapa de homogenización y moldeado de la arcilla, en la banda transportadora CON_BELT_A-200 se recibe la arcilla proveniente de los depósitos, luego esta banda la lleva al CAJÓN ALIMENTADOR-200, el cual distribuye la arcilla a la banda CON_BELT_B-200, posteriormente esta banda lleva la arcilla a la AMASADORA-200, donde se le aplica agua y se empieza a mezclar y homogenizar, la cantidad de agua suministrada se controla con una válvula y un sensor de flujo. Después de amasar la arcilla se pasa a otra banda transportadora CON_BELT_C-200 que lleva la arcilla mojada y mezclada al LAMINADOR-200, en este proceso se comprime la arcilla,

dándole forma de lámina, y luego se pasa a la banda CON_BELT_D-200. La continuación del proceso se encuentra en la Figura 9.

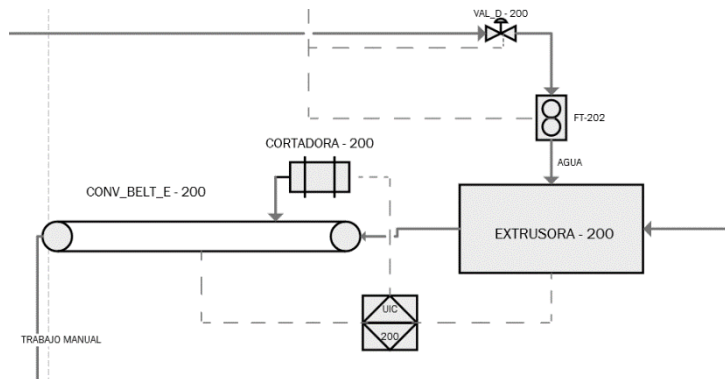
Figura 8. Tercera etapa diseño y diagrama P&ID parte 1



Fuente: Autores

Después de pasar por la banda transportadora la arcilla laminada llega a la EXTRUSORA-200, en donde se le da forma y moldeado al producto que se quiera fabricar. Cada producto es cortado por medio de un hilo de nylon (CORTADORA-200) y es transportado por la banda CON_BELT_E-200. Los operarios se encargan de llevar los productos al área de secado.

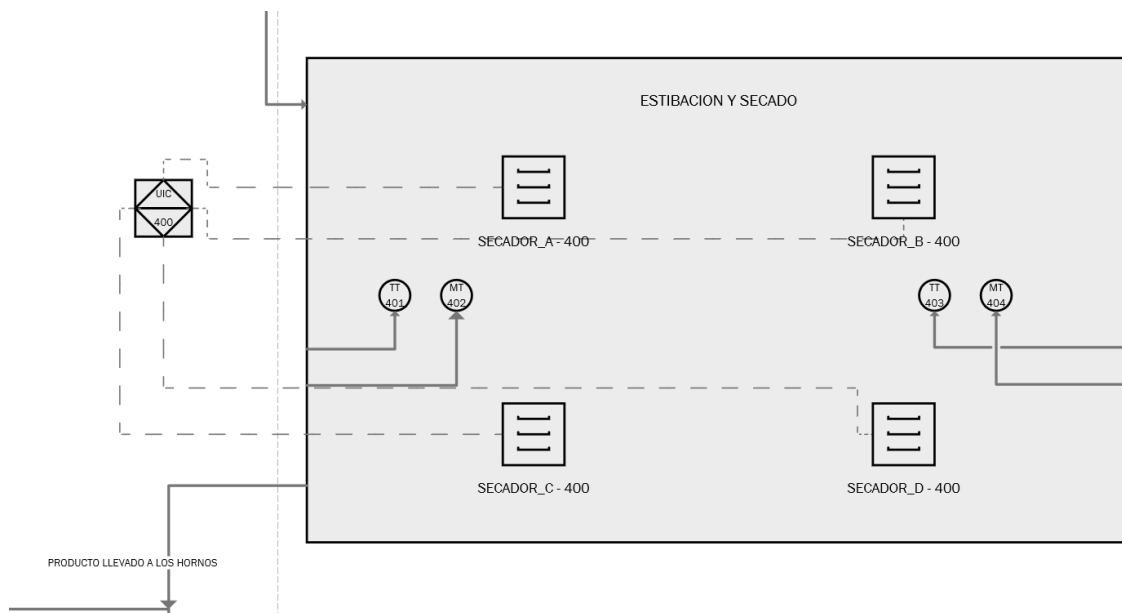
Figura 9. Tercera etapa diseño y diagrama P&ID parte 2



Fuente: Autores

La ladrillera actualmente tiene un sistema de secado natural, es decir secado con el medio ambiente, pero tiene la necesidad de usar otro tipo de secado, ya que el secado natural es muy demorado y depende de las condiciones climáticas. Por esta razón, en este diseño se agrega un sistema de secado artificial, el cual consta de 4 secadores eléctricos de bajo consumo controlados con la ayuda de sensores de temperatura y humedad del ubicados en el cuarto o área de secado. (ver Figura 10)

Figura 10. Cuarta etapa diseño y diagrama P&ID



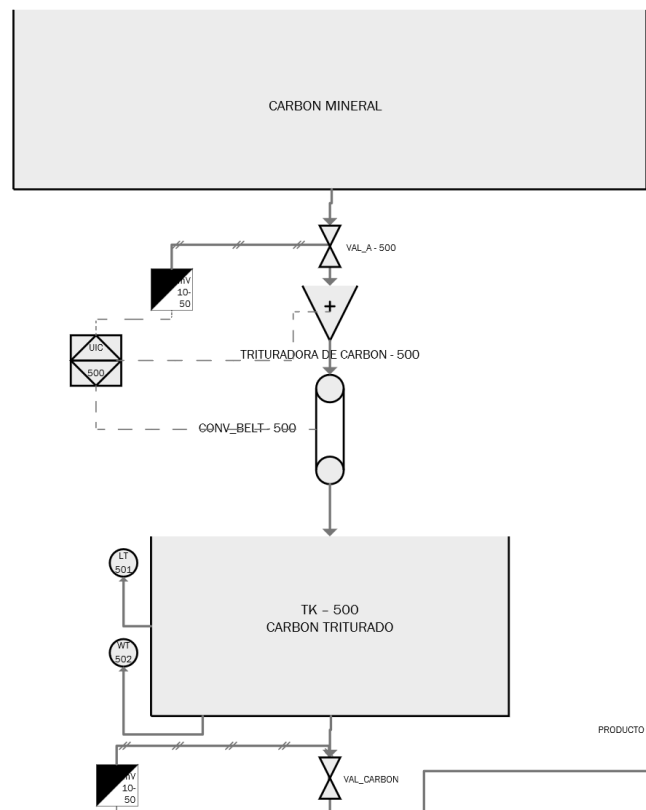
Fuente: Autores

Después de terminar el proceso de secado, los operarios proceden a llevar los productos a los hornos para la etapa de cocción.

Para tener control de la cantidad de carbón utilizada en el proceso de cocción y hacer uso eficiente de este, se realizó el siguiente diseño (ver Figura 11), en donde se tiene el carbón sin procesar en un depósito, este pasa por una válvula de apertura

controlada a una trituradora de carbón, luego se transporta el carbón triturado a un depósito con sensores de nivel y peso, si en la etapa de cocción solicitan carbón se abre una válvula controlada que permite el paso del carbón procesado.

Figura 11. Quinta etapa diseño y diagrama P&ID

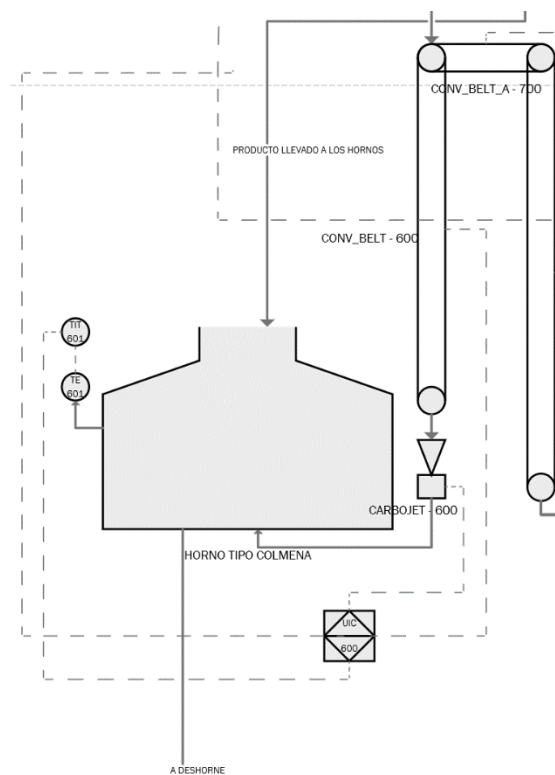


Fuente: Autores

La Ladrillera el Rubí, cuenta con dos tipos de hornos, Colmena y continuo o Hoffman, pero estos hornos no tienen ningún tipo de control, desperdician combustible porque no se hace uso eficiente de este, la manera de conocer la temperatura del horno es por distinción del color de la llama o candela, es por eso que en el diseño automatizado se agregan sensores y trasmisores de temperatura, como los hornos llegan a temperaturas

mayores de los 1000 °C no se puede utilizar cualquier tipo de sensor, sino los que soporten estas altas temperaturas, el sensor de temperatura que soporta estas temperaturas es el más básico, la termocupla, pero se debe usar una tipo industrial, esta se conecta a un transmisor de temperatura. En la Figura 12 se presenta el horno tipo colmena, con sus respectivos sensores. El diseño contempla los Carbojet que la ladrillera tiene en el momento, estos pueden ser controlados, de esta manera se suministra el carbón necesario para el proceso.

Figura 12. Sexta etapa diseño y diagrama P&ID

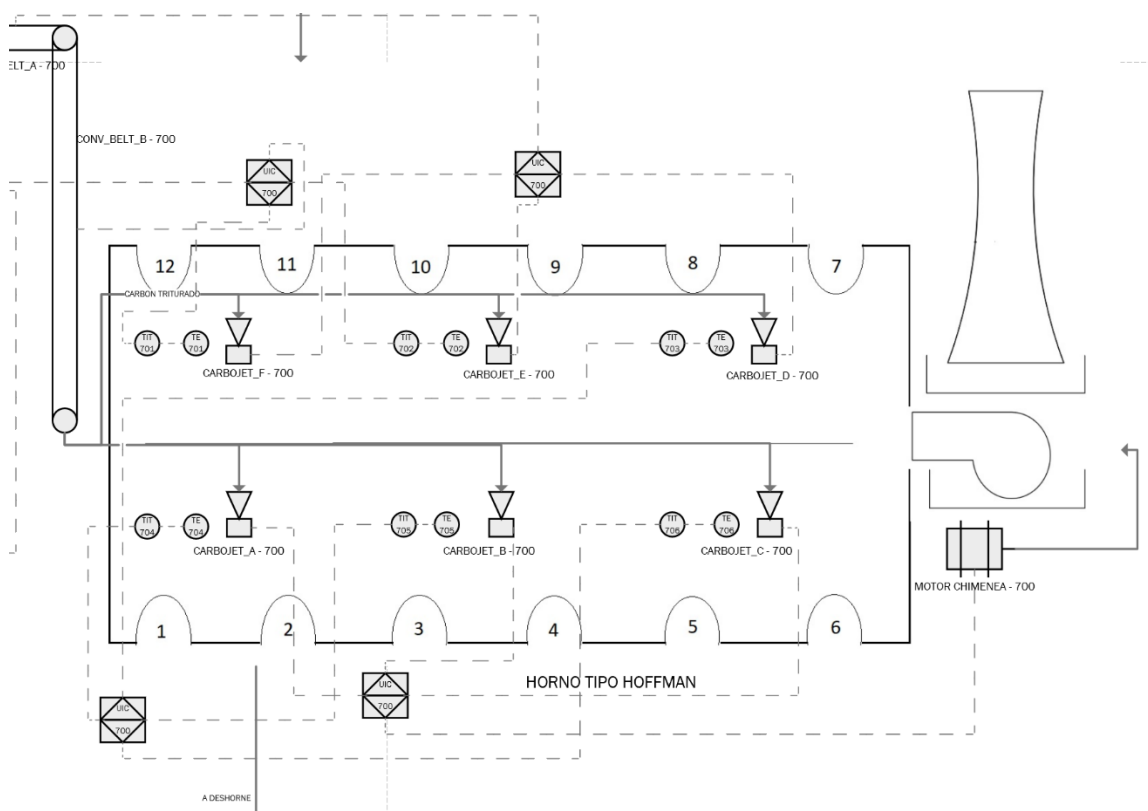


Fuente: Autores

Para el horno tipo Hoffman, (ver Figura 13), se realiza la misma operación que en el horno de colmena, pero a diferencia que este horno es mucho mas grande, está

compuesto por 12 cámaras, en las que se pueden usar independientemente, en el diseño se asignaron sensores de temperatura, un sensor y trasmisor por dos cámaras, de igual manera los Carbojet. Este horno también cuenta con una chimenea, que siempre está encendida, y un motor en ella que se encarga de llevar por medio de presión y aire el fuego o llama a la cámara que se este usando, para alimentar la cámara solo es necesario activar el Carbojet correspondiente a ella.

Figura 13. Séptima etapa diseño y diagrama P&ID

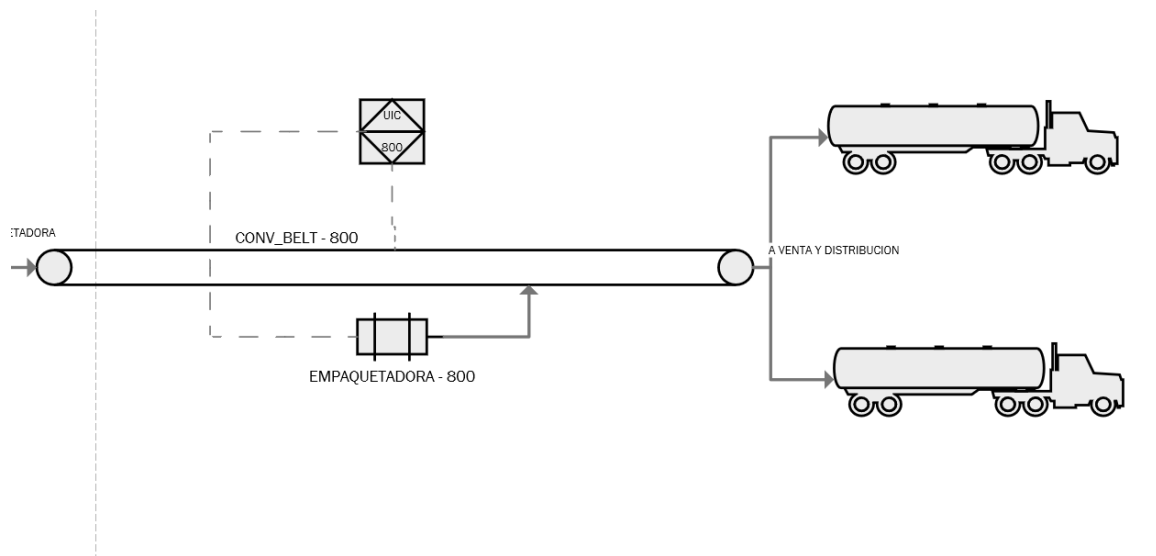


Fuente: Autores

Después de terminar el proceso de cocción se apagan las cámaras donde se haya endagado o encarrilado el producto, y se dejan enfriar, para que los operarios procedan con el deshorne y lleven los productos al lugar de empaquetado y distribución.

Finalmente, está la etapa de empaquetado y distribución, en esta se apila el producto en la banda de manera manual, luego pasan por una empaquetadora donde se asigna marca. Posteriormente, los operarios cargan el producto terminado a los vehículos para su debida distribución y venta.

Figura 14. Octava etapa diseño y diagrama P&ID



Fuente: Autores

Las siguientes son las tablas de instrumentos, sensores, equipamiento, válvulas y maquinaria usada en el diseño de automatización.

Tabla 2. Lista de Instrumentos

<i>Lista de Instrumentos</i>			
<i>Texto mostrado</i>	<i>Descripción</i>	<i>Fabricante</i>	<i>Modelo</i>
UIC 100	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	S7-1200
LT 101	TRANSMISOR DE NIVEL	Endress+Hauser	Prosonic S FDU91F
LT 102	TRANSMISOR DE NIVEL	Endress+Hauser	Prosonic S FDU91F
UIC 200	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	S7-1200
WT 201	TRANSMISOR DE PESO	Endress+Hauser	
WT 202	TRANSMISOR DE PESO	Endress+Hauser	
FT 201	TRANSMISOR DE FLUJO	Endress+Hauser	
FT-202	TRANSMISOR DE FLUJO	Endress+Hauser	
UIC 300	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	
LT 300	TRANSMISOR DE NIVEL	Endress+Hauser	Prosonic S FDU91F
FT - 300	TRANSMISOR DE FLUJO	Endress+Hauser	
UIC 400	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	S7-1200
TT 401	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 82 HART
TT 403	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 82 HART
MT 402	TRANSMISOR DE HUMEDAD	Endress+Hauser	
MT 404	TRANSMISOR DE HUMEDAD	Endress+Hauser	
UIC 500	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	S7-1200
LT 501	TRANSMISOR DE NIVEL	Endress+Hauser	Prosonic S FDU91F
WT 502	TRANSMISOR DE PESO	Endress+Hauser	
UIC 600	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	S7-1200
TE 601	ELEMENTO PRIMARIO TEMPERATURA	Endress+Hauser	Termopar TAF12T
TIT 601	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 142
UIC 700	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	S7-1200
TIT 701	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 142
TE 701	ELEMENTO PRIMARIO TEMPERATURA	Endress+Hauser	Termopar TAF12T
TIT 702	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 142
TE 702	ELEMENTO PRIMARIO TEMPERATURA	Endress+Hauser	Termopar TAF12T
TIT 703	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 142
TE 703	ELEMENTO PRIMARIO TEMPERATURA	Endress+Hauser	Termopar TAF12T
TIT 704	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 142
TE 704	ELEMENTO PRIMARIO TEMPERATURA	Endress+Hauser	Termopar TAF12T
TIT 705	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 142
TE 705	ELEMENTO PRIMARIO TEMPERATURA	Endress+Hauser	Termopar TAF12T
TIT 706	TRANSMISOR INDICADOR DE TEMPERATURA	Endress+Hauser	iTEMP TMT 142
TE 706	ELEMENTO PRIMARIO TEMPERATURA	Endress+Hauser	Termopar TAF12T
UIC 800	PLC CONTROL INDICADOR MULTIVARIABLE	SIEMENS	S7-1200

Fuente: Autores

Tabla 3. Lista de Maquinaria y equipamiento

Lista de equipamiento	
<i>Texto mostrado</i>	<i>Descripción</i>
AMASADORA - 200	HOMOGENIZA LA ARCILLA
BOMBA - 300	ELECTROBOMBA LLENA TANQUE DE AGUA
CARBOJET - 600	ALIMENTA DE CARBON AL HORNO
CARBOJET_A - 700	ALIMENTA DE CARBON AL HORNO
CARBOJET_B - 700	ALIMENTA DE CARBON AL HORNO
CARBOJET_C - 700	ALIMENTA DE CARBON AL HORNO
CARBOJET_D - 700	ALIMENTA DE CARBON AL HORNO
CARBOJET_E - 700	ALIMENTA DE CARBON AL HORNO
CARBOJET_F - 700	ALIMENTA DE CARBON AL HORNO
CONV_BELT - 500	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT - 600	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT - 800	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT 100	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT_A - 200	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT_A - 700	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT_B - 200	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT_B - 700	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT_C - 200	BANDA TRANSPORTADORA
CONV_BELT_D - 200	BANDA TRANSPORTADORA
CORTADORA-800	CORTA EL PRODUCTO
EMPAQUETADORA - 800	FINALIZA PRODUCTO PARA LA VENTA
LAMINADOR - 200	PRESIONA LA ARCILLA
MOLINO DE MARTILLOS - 100	ROMPE LA ARCILLA GRUESA
MOTOR CHIMENEA - 700	ALIMENTA DE CANDELA EL HORNO
SECADOR_A - 400	DESHUMIDIFICAN EL PRODUCTO
SECADOR_B - 400	DESHUMIDIFICAN EL PRODUCTO
SECADOR_C - 400	DESHUMIDIFICAN EL PRODUCTO
SECADOR_D - 400	DESHUMIDIFICAN EL PRODUCTO
TAMIZ DE MALLA – A - 100	TAMIZADOR
TAMIZ DE MALLA – B - 100	TAMIZADOR
TK – 500	CARBON TRITURADO
TK-300	TANQUE DE AGUA
TK_A-100	ARCILLA ROBUSTA
TK_B-100	ARCILLA FINA
TRITURADORA DE CARBON - 500	ROMPE EL CARBON PARA EL CARBOJET
CAJON ALIMENTADOR - 200	DISTRIBUYE LA ARCILLA
EXTRUSORA - 200	FORMA EL TIPO DE PRODUCTO

Fuente: Autores

Tabla 4. Lista de Válvulas

<i>Lista de válvulas</i>	
<i>Texto mostrado</i>	<i>Clase de válvula</i>
VALVE - 300	MARIPOSA
VAL_A - 100	APERTURA
VAL_A - 200	APERTURA
VAL_A - 500	APERTURA
VAL_B - 200	APERTURA
VAL_C - 200	MARIPOSA
VAL_CARBON	APERTURA
VAL_D - 200	MARIPOSA

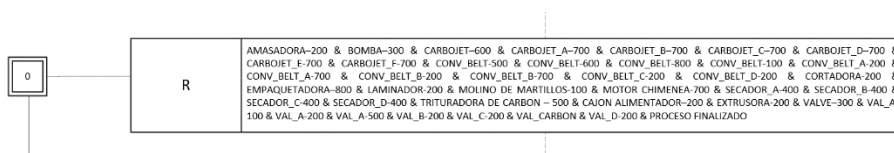
Fuente: Autores

Grafcet de programación

El siguiente es el Grafcet que se diseñó para todo el control del proceso, este diagrama consta de varias etapas de control, con sus respectivas condiciones o transiciones que permiten pasar de una etapa a otra.

La etapa inicial es la número 0, en esta se declaran las condiciones iniciales del sistema, lo que se hace es que se desactivan todos los actuadores y maquinas, dejando listo el sistema para su correcto funcionamiento. (ver Figura 15).

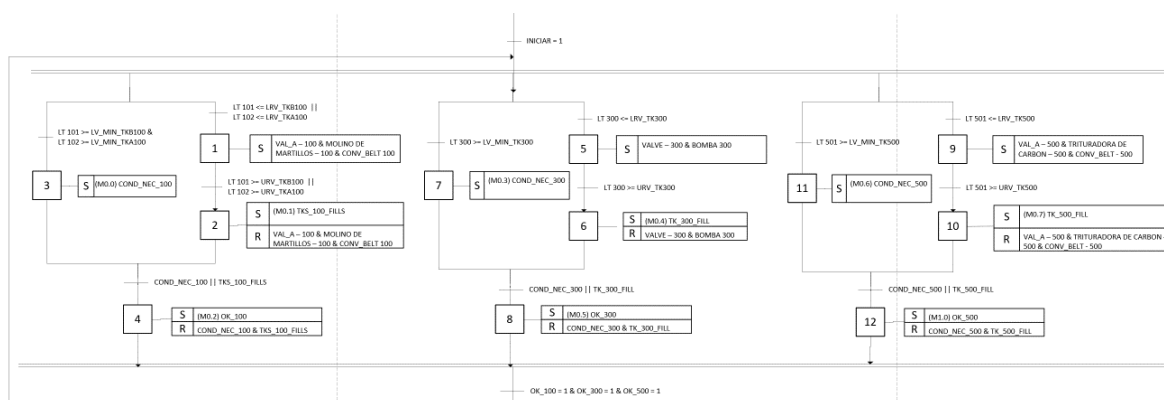
Figura 15. Condiciones iniciales grafcet



Fuente: Autores

Para poder hacer la transición de una etapa a otra etapa se deben cumplir las condiciones que se hayan puesto, en la Figura 16 se necesita que la variable "INICIAR" se active, es decir pase de estado booleano lógico a "1", cuando se cumpla esto pasa a una divergencia en Y, la cual es un proceso que permite realizar etapas al mismo tiempo, dentro de esta divergencia se encuentran más etapas controladas por divergencias en O, que permite elegir entre dos opciones de control. Como se observa en la figura, se tiene desde la etapa 1 hasta la etapa 12, estas etapas son solo usadas para el Grafcet y para la programación tipo Ladder. Lo que hace esta parte del Grafcet es verificar si los depósitos de agua, arcilla gruesa, arcilla fina y carbón triturado están llenos, a nivel necesario para continuar el proceso de fabricación, o tienen menos o nada del nivel necesario; en el caso en que estén llenos o tengan nivel necesario se puede continuar con el proceso, si están vacíos o con menos del nivel necesario, primero se deben llenar hasta su máximo nivel.

Figura 16. Condiciones necesarias para el proceso de producción.

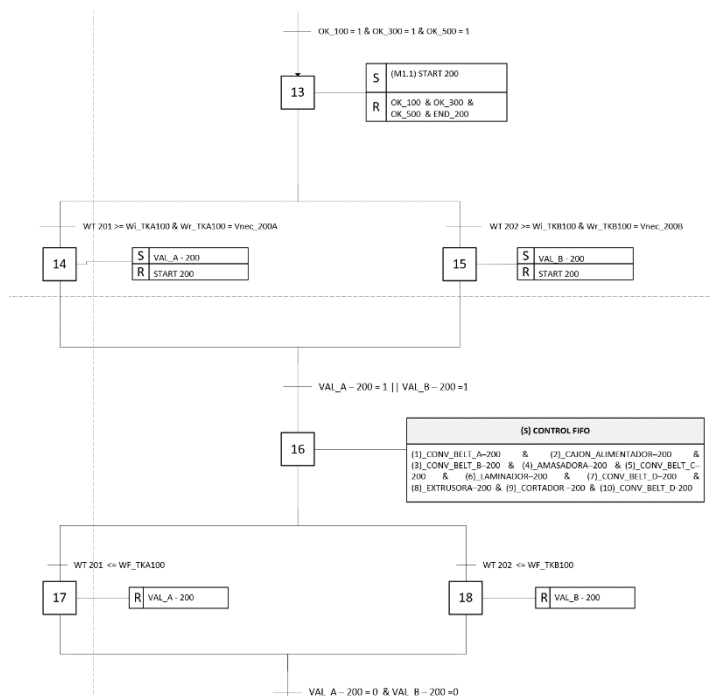


Fuente: Autores

Para pasar al siguiente proceso de homogenización y moldeo (Figura 17), se deben cumplir las condiciones anteriores, si se cumplen empieza a funcionar el proceso.

En la Figura 17 se tiene también una divergencia en O que permite elegir entre las opciones de abrir las válvulas de los depósitos de arcilla (gruesa y fina) con respecto a la cantidad de material que se le haya ordenado. En el momento en que se active una o las dos válvulas se empieza un control FIFO (First Input, First Output), que significa que la primera entrada es también la primera que va a salir, esto quiere decir que, empezará activando la banda transportadora que se encarga de llevar la arcilla, luego enciende el cajón alimentador, y así sucesivamente hasta llegar a la ultima banda transportadora que lleva el producto moldeado.

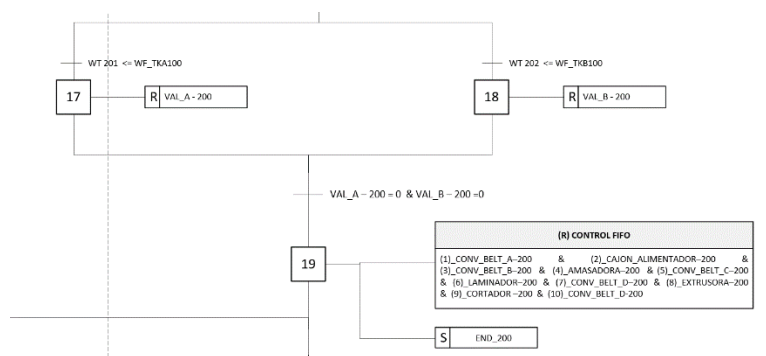
Figura 17 Etapa de homogenización y moldeado. Inicio sistema FIFO



Fuente: Autores

Cuando las válvulas de los depósitos hayan dejado pasar el material ordenado, se desactivarán y cerrarán; en ese momento se apaga el control FIFO, lo que hará es que en el mismo orden que se encendieron los equipos o maquinas, estas se apagarán, para que el material que apenas haya entrado al proceso llegue hasta el final. (ver Figura 18)

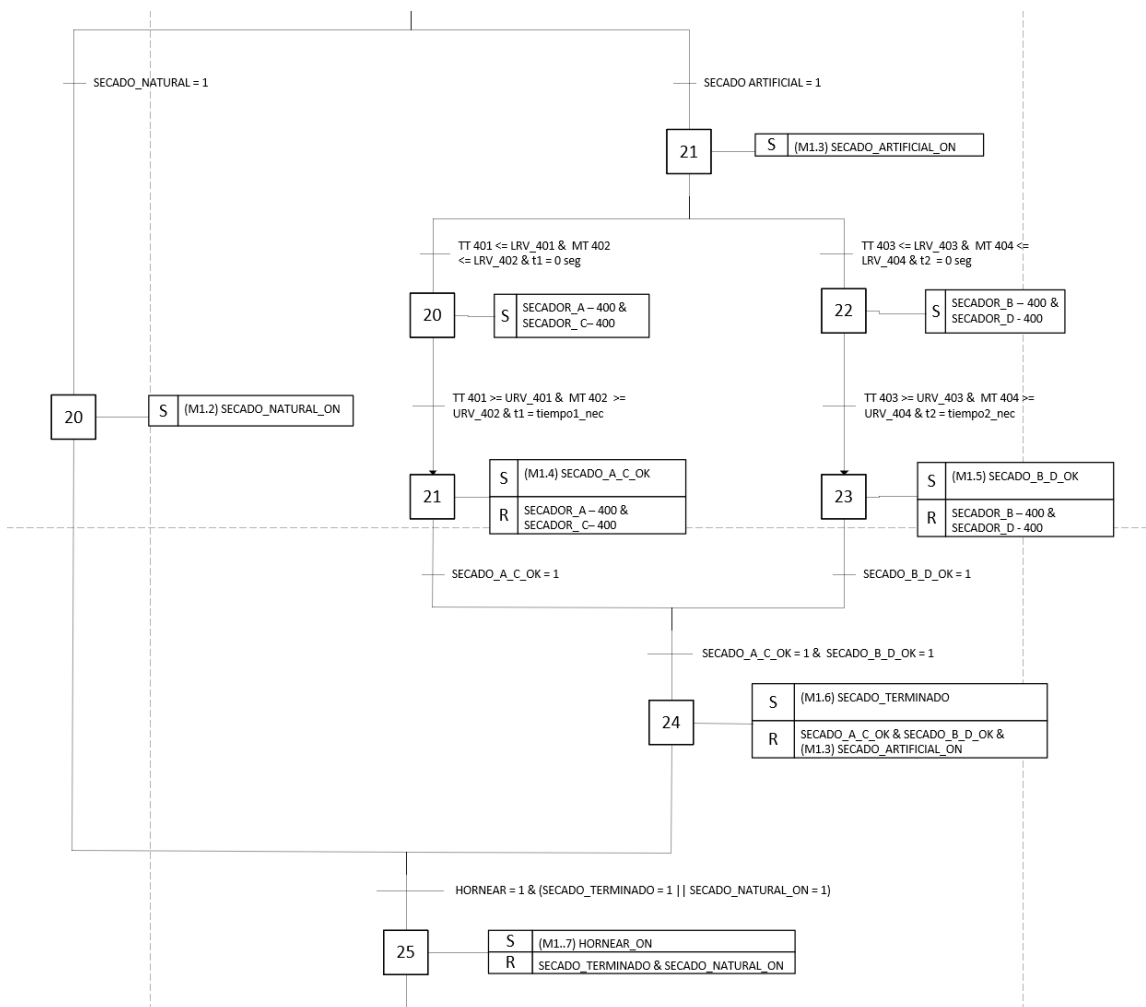
Figura 18. Fin proceso de homogenización y moldeado. Apagado sistema FIFO



Fuente: Autores

Después de terminar el proceso de homogenización y moldeado, se continua con el de secado (natural y artificial), en el Grafcet se encuentra una divergencia en O que permite tener las dos opciones de secado, para el caso de secado natural es solo informar por medio de una variable que se realizó este tipo de secado. En el secado artificial se encuentra otra divergencia en O, en el diseño P&ID el área de secado está dividida en dos secciones, para que se pueda usar en un 50 % de capacidad si solo se quiere, o también en un 100%, en el Grafcet la divergencia permite encender alguna o las dos secciones de secado, y se activan o desactivan también por controles de temperatura, humedad y tiempo. (ver Figura19)

Figura 19. Proceso de secado artificial y natural



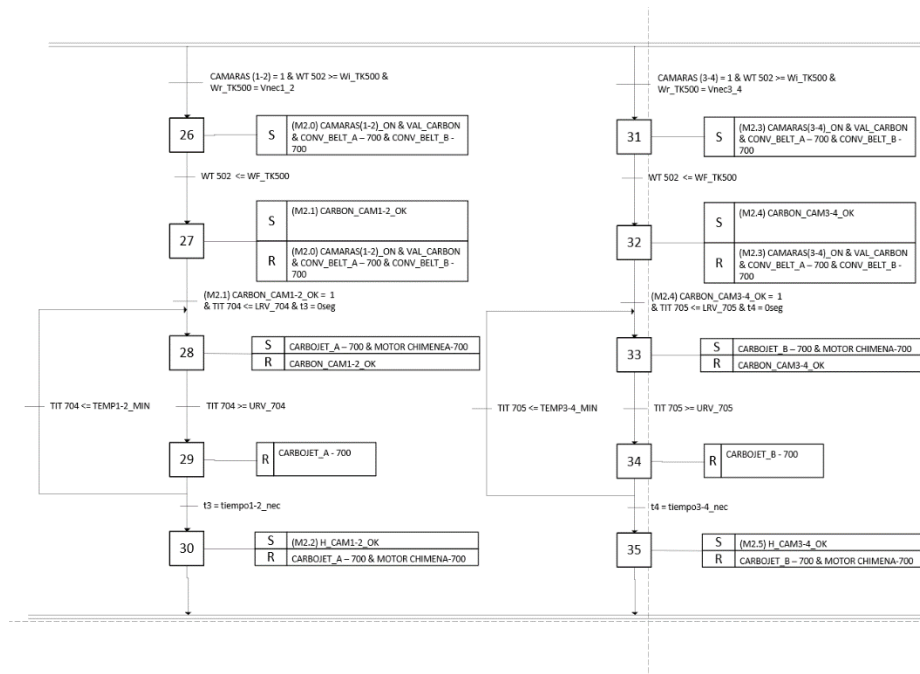
Fuente: Autores

Cuando se dé por terminado el proceso de secado indica que ya puede empezar el proceso de cocción, como se había mencionado anteriormente, la ladrillera tiene dos hornos, continuo o Hoffman y colmena, a ambos hornos se le tiene control de temperatura, cantidad de ingreso de carbón, y tiempo de funcionamiento.

Para tener control de los hornos, en el Grafset se hace una divergencia en y que permite el funcionamiento paralelo, es decir al mismo tiempo pueden estar funcionando.

En el caso del horno Hoffman se hace la programación por cámaras, este horno cuenta con 12 cámaras independientes, que pueden ser utilizadas al mismo tiempo o 2 cámaras a la vez como mínimo. En la Figura 20, se observa una parte del diseño programado para todas las cámaras, se hace un control de temperatura que permite que el horno se caliente solo en un rango determinado y que en algún momento mantenga una temperatura constante hasta terminar la cocción del producto. Para indicar que el producto terminó la etapa de cocción se usa un control de tiempo.

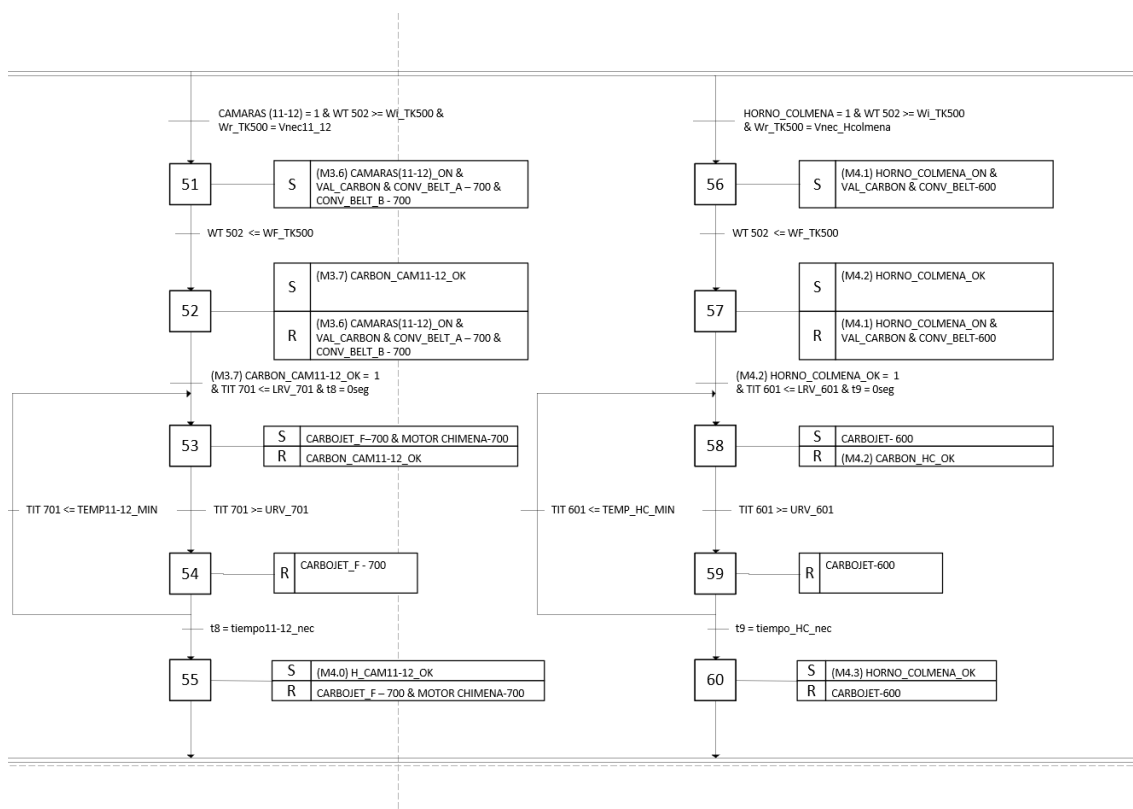
Figura 20. Proceso de cocción, habilitación de las cámaras del horno.



Fuente: Autores

De igual manera se hace el control de temperatura y tiempo con el horno tipo colmena, Figura 21, solo existe la diferencia que en la programación activa otra banda transportadora que es la que le lleva el carbón al Carbojet de este horno.

Figura 21. Habilitación Horno colmena

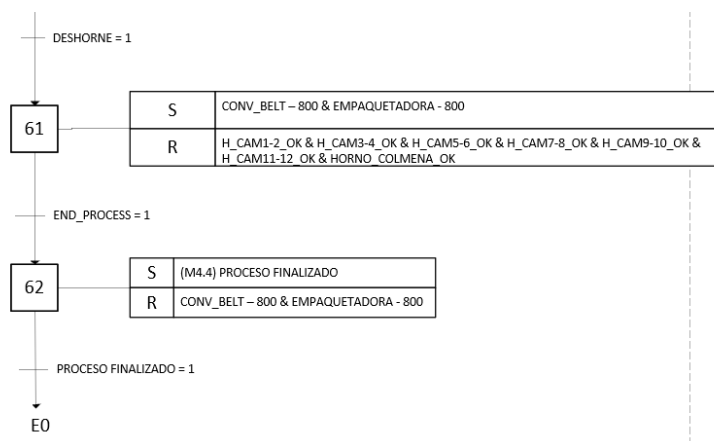


Fuente: Autores

Como proceso de programación finalizado se tiene cuando al producto se le hizo su correspondiente deshorne en un depósito, luego de esto se activa una banda transportadora que lleva los productos terminados a una empacadora y a su posterior distribución y venta. (ver Figura 22)

En el Graficet de programación se tiene que cuando todo el proceso de producción terminó vuelva a la etapa inicial y active condiciones iniciales.

Figura 22. Etapa final, producto listo para distribución.

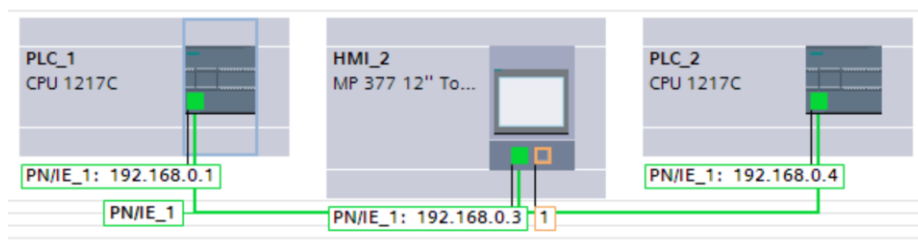


Fuente: Autores

Simulación y sistema SCADA

Como el nivel de automatización del diseño es de Operación y supervisión SCADA, la simulación que se realizó se hizo en el software Tia Portal V14, utilizando dos PLC y una pantalla HMI. Se hizo una conexión interna entre los dispositivos de tipo TCP/IP, configurado con las direcciones IP como se observa en la Figura 23.

Figura 23. Conexión entre PLCs y HMI. (Software Tia Portal)



Fuente: Software Tia Portal v14 Siemens

Los dispositivos utilizados fueron: dos PLC s7-1200 de Siemens, con CPU 1217C DC/DC/DC, y una HMI MultiPanel 377 de 12 pulgadas Táctil, las especificaciones más detalladas pueden ser vistas en la Figura 24.

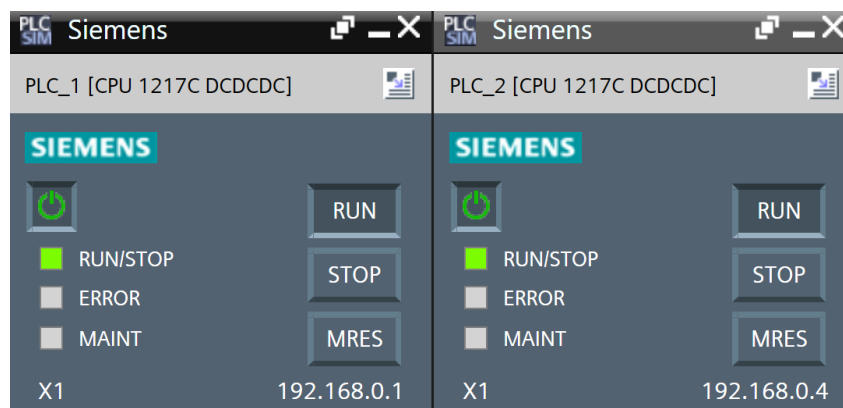
Figura 24. Especificaciones del controlador e interfaz hombre - maquina



Fuente: Software Tia Portal v14 Siemens

Ya que se hizo una simulación del funcionamiento de todo el proceso, se usó el software PLCSIM V14, que permite tener un PLC virtual, y de esta manera programar y cargar el programa al controlador. (ver Figura 25)

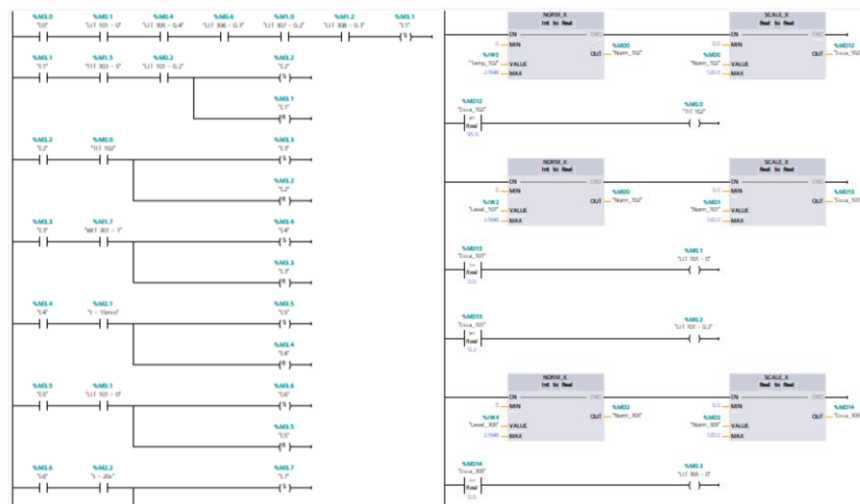
Figura 25. Simulador controlador PLCSIM



Fuente: Software Tia Portal v14 Siemens

El tipo de programación que se compiló subió y cargo al controlador fue de tipo Ladder o KOP, o también conocida como lógica de contactos o diagrama en escalera, este tipo de programación es muy sencilla, ya que es muy gráfica y fácil de entender para todo ingeniero o técnico con estudios a fines con la automatización. (ver Figura 26)

Figura 26. Fragmento Programación KOP o Ladder del sistema de control



Fuente: Autores

Para la parte de visualización en la pantalla o HMI, se usó el software de Tia Portal, WinCC RunTime Advanced, que permite diseñar el sistema SCADA (Supervisión, Control y adquisición de datos) en donde es posible tener control y monitoreo del proceso a distancia desde un cuarto de control generalmente.

En la interfaz gráfica, se realizaron 8 imágenes en la HMI, en la principal (Figura 27) se presenta un inicio de sesión, en donde, de acuerdo al tipo de usuario,

(administrador, jefe de procesos, y técnico operario) se les dará ciertos permisos. En el caso del administrador tiene total independencia, tiene permiso a todo el sistema, incluso cambiar las recetas de fabricación de los productos. El jefe de procesos tiene solo permiso para supervisar y configurar el producto y cantidad a fabricar. Por último, el técnico operario solo podrá dar inicio a la producción que haya asignado el jefe de procesos.

Figura 27 Pantalla principal e inicio de sesión al sistema



Fuente: Autores

En el momento en que se seleccione INICIAR SESION, se desplegará una ventana en donde se podrá escribir el usuario y la contraseña. (ver Figura 28)

Figura 28. Ingreso de usuarios al sistema



Fuente: Autores

Luego de iniciar sesión, aparece la lista de usuarios, con su contraseña, grupo al que corresponden y tiempo de sesión. Figura 29

Figura 29. Lista y Permisos de usuario



Fuente: Autores

La segunda imagen en la HMI (Figura 30), es la de configuración de producto y cantidad, en esta imagen se elige que producto y cuantas unidades se quieren fabricar. De acuerdo al tipo de producto y las unidades a producir, se asigna automáticamente la cantidad de materiales que se necesitan para la fabricación.

Figura 30. Configuración de producto y cantidad (Recetas)

Materiales	Cantidad
Arcilla Gruesa	8000
Arcilla Fina	2000
Agua	1200
Carbon Triturado	4000

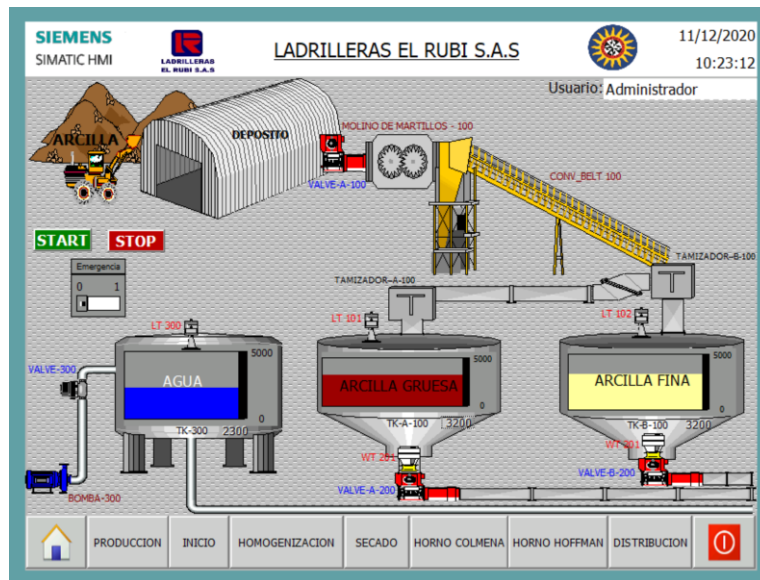
Fuente: Autores

Después de haber elegido la cantidad y el producto, se envía la información al controlador y posteriormente se puede dar inicio al proceso.

Al seleccionar el botón INICIAR PROCESO, inmediatamente se abre la tercera imagen de la HMI (Figura 31), en donde se puede observar gráficamente la primera etapa del sistema SCADA, allí se encuentran los instrumentos, maquina, y equipos de la etapa de procesamiento de arcilla, quedando almacenada en sus respectivos depósitos,

también el control de llenado de agua al tanque. En la imagen HMI se presentan también botones de inicio de proceso, parada, y parada de emergencia.

Figura 31 Primera etapa del sistema SCADA

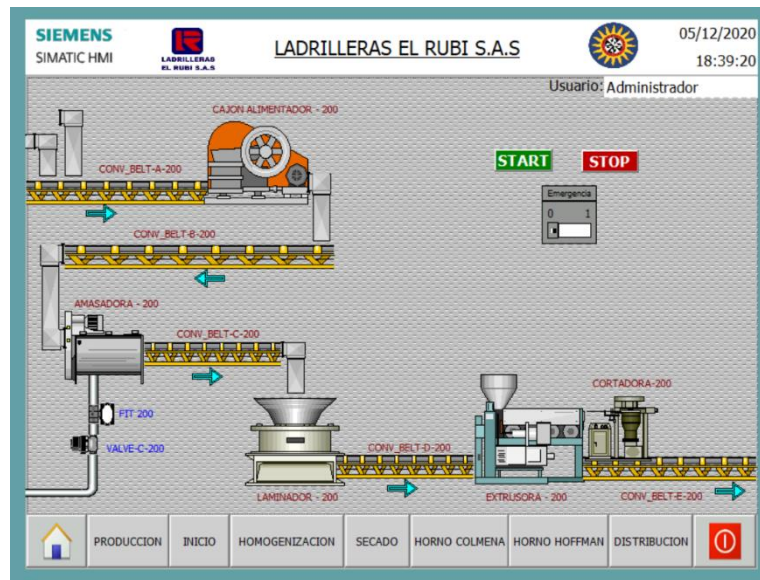


Fuente: Autores

La cuarta imagen de la HMI (Figura 32) corresponde al proceso de homogenización y moldeado, para observar y dar inicio a esta etapa es necesario que la etapa 1 del sistema Scada haya concluido, y seleccionar el botón **HOMOGENIZACION**.

En esta imagen se presenta todo el proceso de preparación y moldeado de la arcilla, hasta llegar a cortar por unidades el producto. De igual manera que en la anterior imagen se tiene botones de inicio, parada, y parada de emergencia de ese proceso.

Figura 32. Sistema SCADA de la Etapa de Homogenización y moldeado.

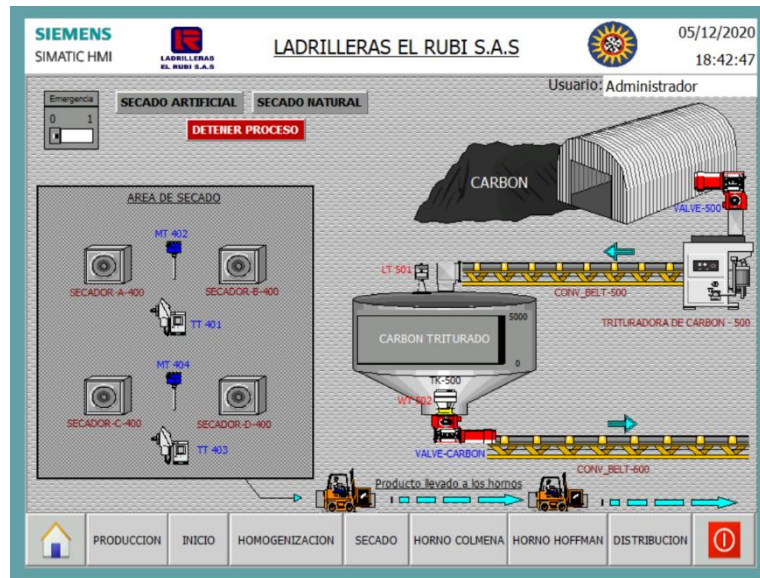


Fuente: Autores

La siguiente imagen, corresponde a la número 5, en donde se tiene el proceso de secado artificial y procesamiento de carbón. (ver figura 33). En esta imagen se presentan todos los sensores, actuadores e instrumentación que corresponden al proceso.

Existe dos botones, de secado natural, para indicar que se hizo ese tipo de secado, y el botón de secado artificial para que empiece con el proceso correspondiente.

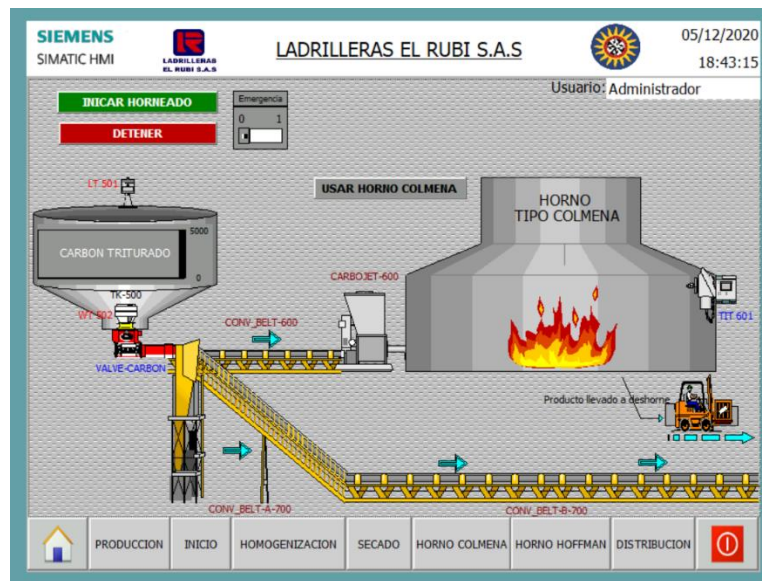
Figura 33. Sistema SCADA de la etapa de secado artificial. Preparación del carbón triturado



Fuente: Autores

Después de terminar el proceso de secado se puede pasar al proceso de cocción, en la interfaz gráfica se encuentra el horno tipo colmena en la sexta imagen (Figura 34), para llegar a ella solo es necesario seleccionar el botón HORNO COLMEANA, de inmediato aparece el sistema Scada de este proceso, en donde tiene un botón de Inicio de horneado, parada, y parada de emergencia, adicional se tiene el botón USAR HORNO COLMENA, el cual habilita y empieza la etapa de cocción en ese horno.

Figura 34. Etapa de cocción en horno tipo colmena



Fuente: Autores

Al seleccionar en la interfaz gráfica el botón HORNO HOFFMAN, se abrirá la séptima imagen de la HMI (Figura 35), y se podrá observar el sistema Scada de este proceso.

En esta imagen se encuentran los botones para activar las distintas cámaras que tiene el horno, un botón de parada, y otro de parada de emergencia.

Por otro lado, también se presentan los Carbojet y sensores correspondientes a las cámaras, el motor de chimenea que ayuda a repartir el fuego o candela por todas las cámaras.

Figura 35. Etapa de cocción en horno tipo Hoffman.

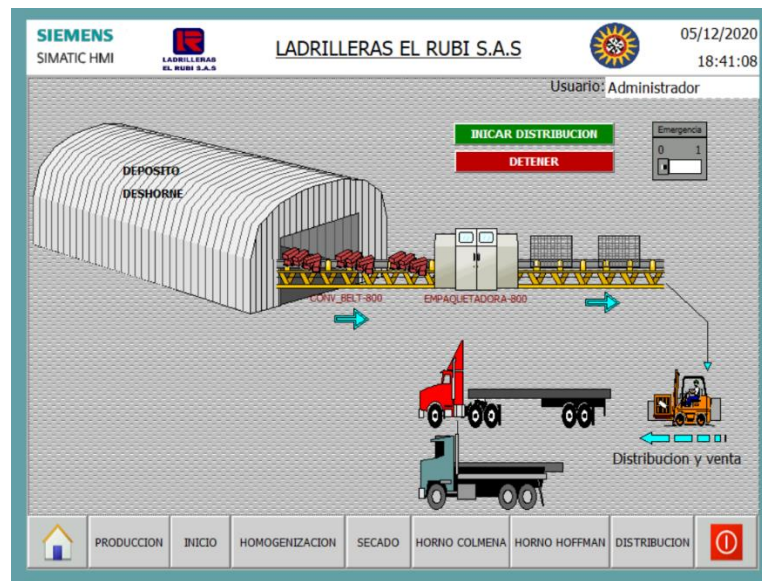


Fuente: Autores

Por último, la imagen número 8 de la HMI (ver Figura 36), en esta se encuentra la etapa de empaquetado y distribución.

Al seleccionar el botón INICIAR DISTRIBUCION, el sistema envía el producto por una banda transportadora, el operario es el encargado de hacer los montones o bloques del producto y subirlos a la banda transportadora para que sean empacados y marcados por la máquina. Luego se procede con la carga del producto en los vehículos para su distribución y venta.

Figura 36. Etapa final de empaquetado y distribución



Fuente: Autores

De esta manera se da por terminado el diseño de la automatización del proceso de producción y fabricación de materiales de construcción a base de arcilla para la Ladrillera el Rubí S.A.S.

Si se quiere volver a empezar todo el proceso, y cambiar de producto o cantidad, solo es necesario que se seleccione el botón PRODUCCION, e inmediatamente la interfaz cambiará a la segunda imagen (Figura 30)

8. Conclusiones

- La ladrillera el Rubí es una de las fábricas más reconocidas y grandes de la ciudad, se encarga de distribuir sus productos dentro y fuera de la capital del departamento, por esta razón al haber realizado el diseño de la automatización de sus procesos industriales se contempla la posibilidad de que en el futuro se pueda hacer la implementación de este diseño, de esta manera la empresa podrá catalogarse como una de las mejores en el departamento e incluso el país, ya que aumenta su producción, calidad y hace uso eficiente de la materia prima siendo también amigable con el medio ambiente. Por otro lado, el impacto social y económico sería beneficioso para los trabajadores y habitantes de la ciudad.
- Con respecto al nivel de automatización designado en el diseño se afirma que fue el correcto, ya que permite tener supervisión, control y monitoreo de los procesos industriales a distancia, si se pensara en aumentar el nivel de automatización no sería factible por el momento, habría que esperar a que la empresa se expandiera y diera a conocer por todo el país, aumentara sus ventas y por tanto sus ingresos, de esta manera se podría dar paso a subir de nivel de automatización, ya no solo sería nivel operacional sino nivel táctico y/o estratégico.
- En el caso en que en el futuro la empresa decida hacer la implementación del diseño, debe realizar cambios de infraestructura y cableado eléctrico para la creación de nuevos depósitos, tanques, bandas transportadoras y demás instrumentos y equipos electrónicos que se plantearon en el diseño.

- Se pudo determinar la importancia de realizar un diagrama P&ID, porque permite distinguir las etapas de los procesos industriales, su respectivo control, ver las conexiones entre ellas, asignar los equipos e instrumentos que se usarán, y de esta manera tener un orden en el proceso de la automatización.
- Como el proceso de producción de materiales de construcción es extenso y a su vez complejo en el momento de tener control sobre él, se hizo uso de un Grafcet de programación, este permitió organizar las etapas de control, condiciones de funcionamiento del sistema, lecturas de sensores, activación y desactivación de equipos y actuadores para que de esta manera fuera más sencilla y sin errores la programación en el PLC.
- En el diseño se planteó y desarrolló una simulación en el software Tia Portal de Siemens en donde se hizo una comunicación entre un simulador de PLC y una HMI, esta simulación permitió observar el funcionamiento en tiempo real de todo el proceso industrial de la empresa, detallando así el momento exacto en que un equipo está funcionando correctamente o no, observar la cantidad de material que se encuentra en los depósitos y más importante poder seleccionar el tipo y cantidad de producto a fabricar, tener este tipo de diseño en una empresa es de gran utilidad porque se tiene la seguridad de que el proceso no presente errores durante su operación, es por esa razón que se decidió agregar este sistema al diseño de la automatización.

- Se tenía propuesto el uso del software LabVIEW para observar y controlar el proceso industrial en tiempo real remotamente por vía Ethernet, haciendo una comunicación OPC entre el simulador del PLC y LabVIEW, pero se decidió no integrar en el diseño, ya que para en el futuro si la empresa desea realizar la implementación le saldría muy costoso pagar el uso o licencia de los dos programas de software.
- Al hacer el análisis de diferentes maquinas, equipos y elementos con los que cuenta la ladrillera y se hizo la comparación con la simulación; este arrojó como resultados que se hacen necesarios la implementación de válvulas, motores, sensores, controlador lógico programable (PLC), transmisores (peso, nivel, humedad, temperatura) que son necesarios para una automatización, para la mejora de sus procesos.

9. Referencias Bibliográficas

- Rhodes, D. Arcilla y vidriado para el ceramista. España: Ediciones CEAC.
- Besoain, E. Mineralogía de arcillas de suelos. Costa Rica: IICA.
- Aldaking. (2017). *Automatización Industrial y Robotica. Qué es y sus claves de éxito*. Obtenido de <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/#:~:text=la%20automatizaci%3%b3n%20industrial%20es%20el,al%20m%3%a1ximo%20la%20intervenci%3%b3n%20humana>
- America, G.-G. d. (6 de Diciembre de 2020). *Un sector que le apuesta y aporta a la formalización laboral*. Obtenido de <http://gda.com/detalle-de-la-noticia/?article=4104943>
- Boyacá, E. D. (30 de Enero de 2020). *EL DIARIO- El sector de la construcción cerró el 2019 con cifras positivas en Boyacá*. Obtenido de <https://periodicoeldiario.com/el-sector-de-la-construccion-cerro-el-2019-con-cifras-positivas-en-boyaca/>
- Británica, E. (21 de Abril de 2014). *Arcilla*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla>
- Cabrera Martínez, A. M., López López, P. A., & Ramírez Méndez, C. (2011). La competitividad empresarial: Un marco conceptual para su estudio. *UNIVERSIDAD CENTRAL*.
- García Hernández, E. (23 de Octubre de 2014). *gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/administracion-tecnologica-e-innovacion-en-la-estrategia-de-la-empresa/>
- gestion.org. (s.f.). *El Proceso Productivo: qué tipos hay y cuáles son sus etapas principales*. Obtenido de <https://www.gestion.org/el-proceso-productivo/>
- HERNANDEZ SAMPIERI, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.
- JImenez, J. (junio de 1994). *researchgate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Horno-tipo-colmena-con-el-detalle-del-condensador-utilizado-en-la-extraccion-de_fig3_238730094
- LESCANO, J. B. (2014). PROCESO PRODUCTIVO DE LOS. *PIURA*.
- Ocampo Eljaiek, D. (2013). *Universidad EAN-Impacto de las políticas de responsabilidad social una empresa de construcción*. Obtenido de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/7144/Impacto%20de%20las%20políticas%20de%20responsabilidad.pdf;jsessionid=D05AAB99F7D8D9BA7B3FC631C1572A94?sequence=1>
- Pimienta Gómez, C. (5 de Noviembre de 2019). *ANDI*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/home/noticia/15597-ladrilleras-de-colombia-unidas-en-nuevo>
- Pimienta Gómez, C. (5 de Noviembre de 2019). *ANDI- Ladrilleras de Colombia, unidas en nuevo Comité de la ANDI*. Obtenido de <http://www.andi.com.co/home/noticia/15597-ladrilleras-de-colombia-unidas-en-nuevo>

- Restrepo, J. F. (20 de junio de 2019). *portafolio- 'Producción en canteras ha registrado leve crecimiento'*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/produccion-en-canteras-ha-registrado-leve-crecimiento-530857>
- steemit. (2017). *La Pirámide de Automatización*. Obtenido de <https://steemit.com/spanish/@autinf/la-piramide-de-automatizacion>
- Storm, S. (17 de Enero de 2018). *DIGITALBIZ- Automatización de procesos-*. Obtenido de <https://www.digitalbizmagazine.com/automatizacion-de-procesos/>
- teacherke. (2010). *Capitulo 1- introduccion a la automatizacion,*. Obtenido de <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-a-la-automatizacion.pdf>
- TIEMPO, R. E. (27 de Julio de 2004). *EL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1506945>
- Wiki. (19 de Julio de 2020). *Horno Colmena*. Obtenido de https://es.qaz.wiki/wiki/Beehive_oven

10. Autores



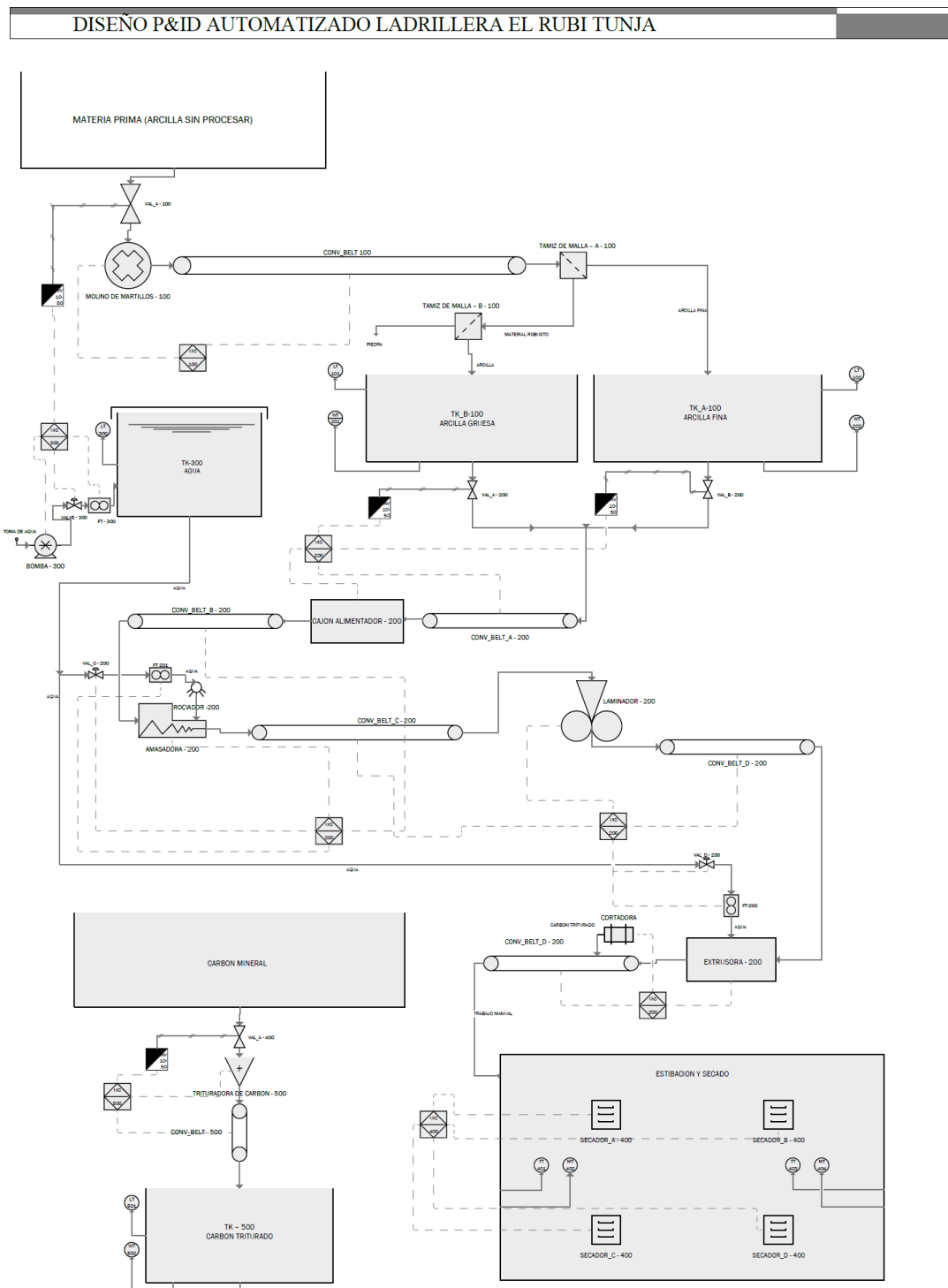
Jorge Alejandro Sánchez Niño. Nació el 20 de marzo de 1995, en Duitama (Boyacá) - Colombia, desde pequeño siempre le interesó todo lo relacionado al avance de las tecnologías y la electrónica. Empezó sus estudios en el colegio liceo la presentación de Duitama, siendo un alumno destacado y en varias ocasiones representándolo en olimpiadas de matemáticas y ciencias naturales obteniendo buenos resultados. En el segundo semestre del año 2015 inicio su estudio de pregrado en Ingeniería Electrónica en la Universidad Santo Tomás Tunja, sus intereses tanto académicos como laborales se enfocan a la Automatización industrial, instrumentación electrónica, control análogo-digital y telecomunicaciones. Actualmente es egresado no graduado de la universidad, y al mismo tiempo está cursando un posgrado de nivel de especialización en Automatización Industrial en la Universidad Santo Tomás de Bucaramanga.



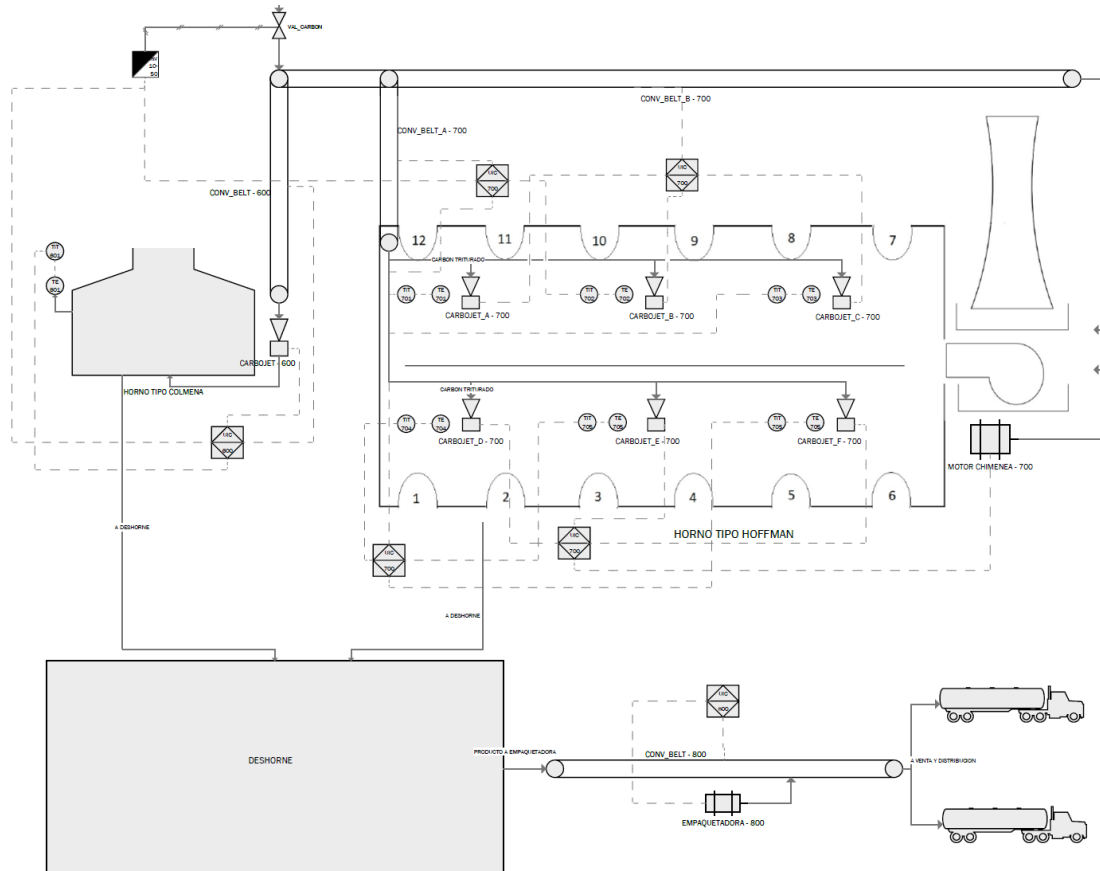
Javier Mateo Vargas Guerrero, Nació el 26 diciembre de 1997 en la Ciudad de Tunja, Boyacá (Colombia), realizo sus estudios primarios y secundarios en el Colegio de Boyacá, empezó sus estudios profesionales en la Universidad Santo Tomas – Seccional Tunja en el 2015 en el programa de Ingeniería Electrónica, donde se interesó por la Automatización Industrial, Robótica y Energías Renovables, actualmente se encuentra adelantado un posgrado para optar el título de especialista en Automatización Industrial en la Universidad Santo Tomas de Bucaramanga.

11. Anexos

Anexo 1. Diagrama diseño P&ID automatizado Ladrillera El Rubí-Tunja (parte 1)

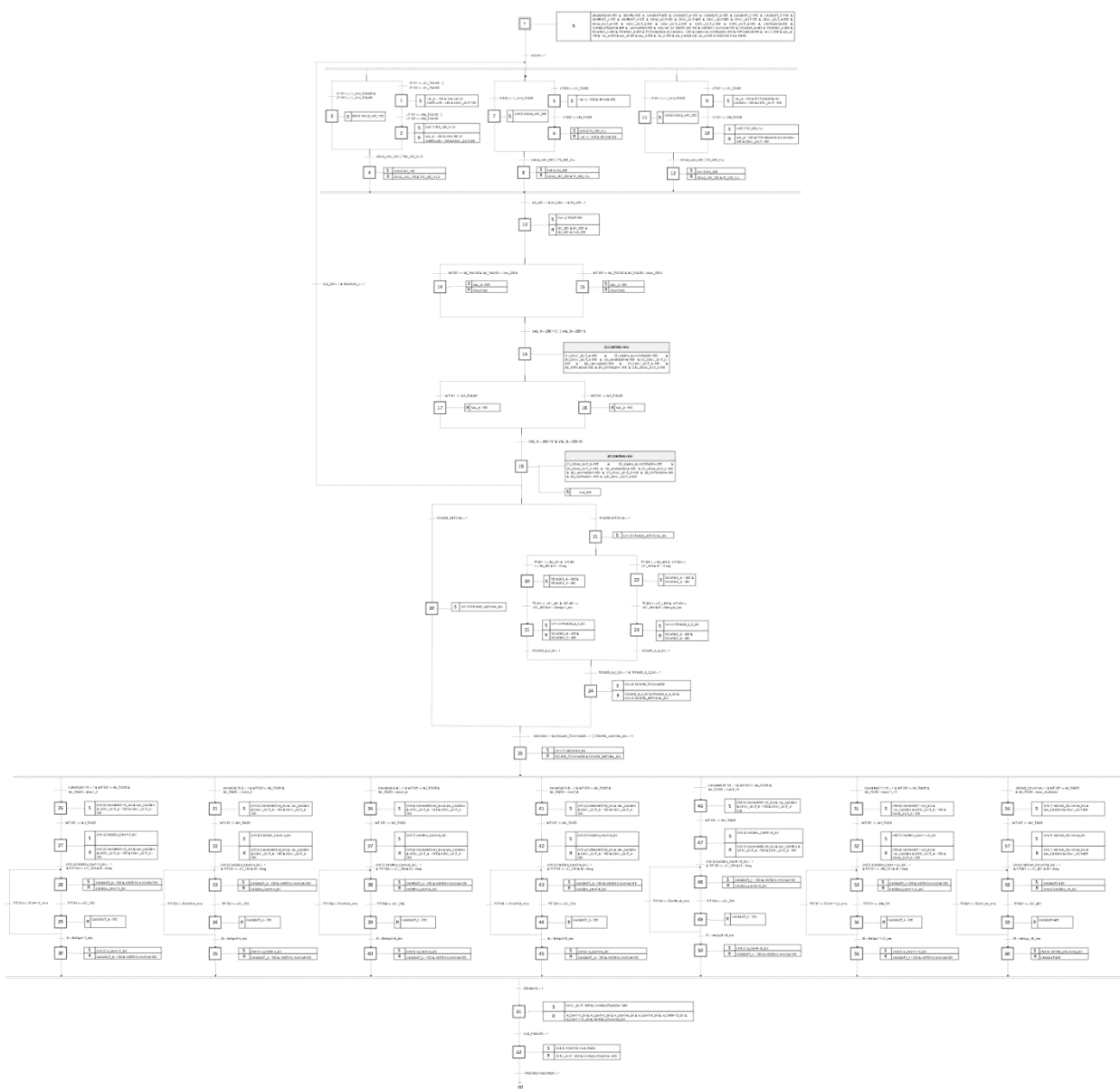


Anexo 2. Diagrama diseño P&ID automatizado Ladrillera El Rubi-Tunja



Fuente: Autores

Anexo 3. Grafjet diseño automatización Ladrillera el Rubí S.A.S Tunja



Fuente: Autores