

**Propuesta de mejoramiento del proceso de
moldeo y corte de pastón en la ladrillera “LA
SULTANA – BLOQUES, LADRILLOS Y
ACABADOS CERAMICOS S.A.”**



Ervin Orlando Meneses Ledezma

Jerson Fernando Ramírez Troches

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control

Ingeniería en Automática Industrial

Popayán, Octubre de 2013

Propuesta de mejoramiento del proceso de moldeo y corte de pastón en la ladrillera “LA SULTANA – BLOQUES, LADRILLOS Y ACABADOS CERAMICOS S.A.”



Ervin Orlando Meneses Ledezma

Jerson Fernando Ramírez Troches

**Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título
de Ingeniero en Automática Industrial**

Director: Ing. Juan Fernando Flórez Marulanda

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

**Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Ingeniería en Automática Industrial**

Popayán, Octubre de 2013

Nota de Aceptación: _____

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional y la confianza que han depositado en nosotros, al gestor del presente trabajo: Ingeniero Juan Fernando Flórez Marulanda por su motivación dedicación y acompañamiento continuo, a los ingenieros Oliverio Cubillos y Juan Carlos Guzmán, gerente y jefe de planta respectivamente de la ladrillera “LA SULTANA” por el interés, los medios y el apoyo ofrecido para la consecución del proyecto, y a nuestro compañero de trabajo Jader Cerón Ortiz por la mutua colaboración en el desarrollo del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS.....	3
1.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL LADRILLO	3
1.2. ESTADO ECONÓMICO DE LA INDUSTRIA LADRILLERA EN COLOMBIA.....	4
1.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS	4
1.3.1. EXPLOTACIÓN DE CANTERA	5
1.3.2. MADURACIÓN	5
1.3.3. TRATAMIENTO MECÁNICO PREVIO	5
1.3.4. HUMIDIFICACIÓN	5
1.3.5. MOLDEADO.....	5
1.3.6. SECADO.....	6
1.3.7. COCCIÓN.....	6
1.3.8. CONTROL DE CALIDAD	7
1.3.9. DESCARGA Y ALMACENAJE.....	7
1.4. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL PROCESO DE MOLDEO Y CORTE DE PASTÓN EN LA LADRILLERA “LA SULTANA”	7
1.4.1. LA ARCILLA.....	8
1.4.2. INSUMOS.....	9
1.4.3. PROVEEDORES.....	10
1.4.4. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL PROCESO	10
1.4.4.1. MADURACIÓN.....	11
1.4.4.2. CAJÓN DOSIFICADOR.....	12
1.4.4.3. MOLINO ROMPE-TERRONES	14
1.4.4.4. MEZCLADOR O AMASADOR.....	15
1.4.4.5. LAMINADOR REFINADOR.....	17
1.4.4.6. EXTRUSORA	19
1.4.4.7. CORTA PASTON.....	20
1.4.4.8. CORTADOR MULTIPLE.....	22
1.4.4.9. ESTACION DE REPOSO	24
1.5. RESUMEN CAPITULO 1	26
2. DISEÑO DE INGENIERIA.....	27
2.1. DECLARACION DEL PROBLEMA.....	27
2.2. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE.....	27
2.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	28
2.4. RESULTADOS ESPERADOS.....	28
2.5. INGENIERIA CONCEPTUAL	28

2.5.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	28
2.5.2. MODELAMIENTO ISA 88.....	29
2.5.2.1. MODELO DE PROCESO.....	29
2.5.2.2. MODELO FISICO.....	30
2.5.2.3. MODELO DE CONTROL PROCEDIMENTAL.....	31
2.5.2.4. ANÁLISIS DE LOS MODELOS.....	32
2.6. INGENIERÍA BÁSICA.....	33
2.6.1. OBJETIVOS DE LA INGENIERÍA BÁSICA.....	33
2.6.2. P&ID DEL PROCESO DE CORTE DE PASTÓN ACTUAL.....	33
2.6.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 1.....	34
2.6.3.1. APROXIMACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA 1.....	34
2.6.3.2. DISEÑO DE ARQUITECTURA DE LA PROPUESTA 1.....	35
2.6.3.3. P&ID DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN 1.....	35
2.6.4. PROPUESTA DE SOLUCION 2.....	36
2.6.4.1. APROXIMACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA 2.....	36
2.6.4.2. DISEÑO DE ARQUITECTURA DE LA PROPUESTA 2.....	38
2.6.4.3. P&ID DE LA PROPUESTA DE SOLUCION 2.....	38
2.6.5. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	40
2.6.5.1. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 1.....	40
2.6.5.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 2.....	40
2.6.6. COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA.....	41
2.6.6.1. SELECCIÓN PLC.....	41
2.6.6.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN.....	43
2.6.6.3. SELECCIÓN HMI: VISUALIZACIÓN, MONITOREO Y CONFIGURACIÓN.....	48
2.6.7. LISTA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS.....	49
2.7. INGENIERÍA DE DETALLE.....	50
2.7.1. PLANO DE DISTRIBUCION FISICA.....	50
2.7.2. DIAGRAMAS DE LAZO DE INSTRUMENTOS.....	51
2.7.2.1. DIAGRAMA DE LAZO DE CONTROL DE VELOCIDAD.....	51
2.7.2.2. DIAGRAMA DE LAZO DE CONTROL DE MOVIMIENTO.....	51
2.7.2.3. DIAGRAMA DE POTENCIA.....	52
2.7.2.4. DIAGRAMA DE MANDO.....	52
2.7.3. ALGORITMO DE CONTROL.....	54
2.7.4. GRAFCET.....	56
2.7.4.1. GRAFCET – DESCRIPCION FUNCIONAL.....	57
2.7.4.2. GRAFCET – DESCRIPCION TECNOLÓGICA.....	58
2.7.4.3. GRAFCET – DESCRIPCION OPERATIVA.....	59
2.7.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	59

2.8. RESUMEN CAPITULO 2	61
3. ANÁLISIS DE COSTOS	62
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE COSTOS.....	62
3.1.1. LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS.....	63
3.1.2. COTIZACIÓN COMERCIAL DE ELEMENTOS.....	63
3.1.3. COSTOS DEL PROYECTO	64
3.1.4. ANÁLISIS DE RIESGO	64
3.2. DESARROLLO DE LOS PASOS DEL PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE COSTOS.....	66
3.2.1. PASO 1 – ESTABLECER LA LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS	67
3.2.2. PASO 2 – REALIZAR COTIZACIÓN COMERCIAL DE LA LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS.....	68
3.2.3. PASO 3 – CALCULAR LOS COSTOS DEL PROYECTO.....	69
3.2.4. PASO 4 – EJECUTAR EL ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO	79
3.3. RESUMEN CAPITULO 3	81
4. PROPUESTA TÉCNICO COMERCIAL.....	82
4.1. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO.....	82
4.2. SOLUCIÓN PROPUESTA	83
4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	83
4.2.2 LISTA DETALLADA DE EQUIPOS	83
4.3. RESPONSABILIDADES.....	83
4.3.1. RESPONSABILIDADES DEL OFERTANTE	83
4.3.2. RESPONSABILIDADES DEL CLIENTE.....	84
4.4. PROGRAMACIÓN Y PLAZO.....	85
4.4.1. LISTA DE ACTIVIDADES	85
4.4.2. SUPUESTOS ACLARACIONES Y EXCEPCIONES.....	85
4.5. INFORMACIÓN COMERCIAL.....	85
4.5.1. INVERSIÓN	85
4.5.2. COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	86
4.5.3. GASTOS.....	86
4.5.4. PROGRAMACIÓN DE FACTURACIÓN.....	86
4.6 RESUMEN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA	86
CONCLUSIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89

LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1.1. ARCILLA GREDA EN ÁREA DE REPOSO DE LA PLANTA 1.....	8
FIGURA 1.2. ARCILLA BLANCA UBICADA EN ÁREA DE REPOSO DE PLANTA 1.....	9
FIGURA 1.3.ZONA DE ALMACENAJE DE A.C.P.M UBICADA EN PLANTA 1.....	9
FIGURA 1.4. ZONA DE DEPÓSITO DE CARBÓN MINERAL EN PLANTA 1.....	10
FIGURA 1.5. CAJÓN DOSIFICADOR EN PLANTA 1.....	12
FIGURA 1.6. MOLINO ROMPE-TERRONES EN PLANTA 1.....	14
FIGURA 1.7. MEZCLADOR O AMASADOR EN PLANTA 1.....	16
FIGURA 1.8. LAMINADOR REFINADOR EN PLANTA 1.....	17
FIGURA 1.9. EXTRUSORA EN PLANTA 1.....	19
FIGURA 1.10. CORTA PASTÓN EN PLANTA 1.....	21
FIGURA 1.11. CORTADOR MÚLTIPLE EN PLANTA 1.....	23
FIGURA 1.12. MESA DE RODILLOS EN PLANTA 1.....	23
FIGURA 1.13. CARRETILLAS PARA REPOSO DE PRODUCTO EN PLANTA 1.....	25
FIGURA 2.14.DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE MOLDEO Y CORTE DE PASTÓN.....	28
FIGURA 2.15.P&ID DEL ACTUAL PROCESO DE CORTE.....	33
FIGURA 2.16.P&ID DE LA SOLUCIÓN 1 PROPUESTA.....	35
FIGURA 2.17. EJES DE MOVIMIENTO DE CORTE.....	36
FIGURA 2.18. P&ID DE LA SOLUCIÓN 2 PROPUESTA.....	39
FIGURA 2.19. PLANO DE DISTRIBUCIÓN FÍSICA DEL PROCESO DE CORTE DE PASTÓN.....	50
FIGURA 2.20. DIAGRAMA DE LAZO PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD.....	51
FIGURA 2.21. DIAGRAMA DE LAZO DE CONTROL DE MOVIMIENTO.....	52
FIGURA 2.22. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE POTENCIA DE ELEMENTOS.....	52
FIGURA 2.23. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MANDO ASOCIADO A LAS ENTRADAS LÓGICAS DEL CONTROLADOR GENERAL DEL SISTEMA (PLC).....	53
FIGURA 2.24. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MANDO ASOCIADO A LAS SALIDAS LÓGICAS DEL CONTROLADOR GENERAL DEL SISTEMA (PLC).....	53
FIGURA 2.25. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE MANDO ASOCIADO A LA LÓGICA DE CONTROL DE SENSORES Y ACTUADORES.....	54
FIGURA 2.26. ALGORITMO DE CONTROL.....	55
FIGURA 2.27. GRAFCET DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL.....	57
FIGURA 3.28. FLUJO DE PROCESO DEL ANÁLISIS DE RIESGO.....	65
FIGURA 3.29. FLUJO DE PROCESO DEL ANÁLISIS DE RIESGO.....	67
FIGURA 3.30. HOJA DE CÁLCULO COSTOS – ELEMENTOS ANEXO D.....	68
FIGURA 3.31. HOJA DE CÁLCULO ACTIVIDADES ANEXO D.....	72
FIGURA 3.32. HOJA DE CÁLCULO COSTOS – ACTIVIDADES ANEXO D.....	73
FIGURA 3.33. HOJA DE CÁLCULO RESUMEN FINANCIERO/SERVICIOS Y PRODUCTOS DE TERCEROS ANEXO D.....	75
FIGURA 3.34. HOJA DE CÁLCULO RESUMEN FINANCIERO/COSTOS ASOCIADOS A PROYECTO ANEXO D.....	77

LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1.1. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE MADURACIÓN.....	11
TABLA 1.2. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE MADURACIÓN.....	12
TABLA 1.3. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS DEL SUB-PROCESO DE DOSIFICACIÓN.....	13
TABLA 1.4. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE DOSIFICACIÓN.....	14
TABLA 1.5. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE MOLIDO.....	15
TABLA 1.6. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE MOLIDO.....	15
TABLA 1.7. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE MEZCLADO.....	16
TABLA 1.8. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE MEZCLADO.....	17
TABLA 1.9. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE LAMINADO.....	18
TABLA 1.10. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE LAMINADO.....	18
TABLA 1.11. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	19
TABLA 1.12. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	20
TABLA 1.13. INSTRUMENTOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE EXTRUSIÓN.....	20
TABLA 1.14. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE CORTE.....	21
TABLA 1.15. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE CORTE.....	22
TABLA 1.16. INSTRUMENTOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE CORTE.....	22
TABLA 1.17. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE CORTE MÚLTIPLE.....	24
TABLA 1.18. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE CORTE MÚLTIPLE.....	24
TABLA 1.19. VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS EN EL SUB-PROCESO DE REPOSO.....	25
TABLA 1.20. DISTURBIOS PRESENTES EN EL SUB-PROCESO DE REPOSO.....	25
TABLA 2.21. EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA CASO DE ESTUDIO EN LA LADRILLERA “LA SULTANA”.....	27
TABLA 2.22. RELACIÓN ENTRE ETAPAS, OPERACIONES Y ACCIONES DEL PROCESO.....	29
TABLA 2.23. RELACIÓN ENTRE UNIDADES, MÓDULOS DE PROCESO Y MÓDULOS DE CONTROL DE LA LÍNEA DE MOLDEO Y CORTE DE PASTÓN.....	30
TABLA 2.24. RELACIÓN ENTRE PROCEDIMIENTOS DE UNIDAD, OPERACIONES Y FASES DEL PROCEDIMIENTO “MOLDEAR Y CORTAR DE PASTÓN”.....	31
TABLA 2.25. NOMENCLATURA DEL P&ID DEL ACTUAL PROCESO DE CORTE.....	33
TABLA 2.26. NOMENCLATURA DEL P&ID DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN 1.....	36
TABLA 2.27. NOMENCLATURA P&ID SOLUCIÓN 2 PROPUESTA.....	39
TABLA 2.28. SEÑALES DE ENTRADA Y SALIDA DEL PLC.....	41
TABLA 2.29. DESCRIPCIÓN DE ENTRADAS, SALIDAS Y OPCIONES DE COMUNICACIÓN DEL PLC MICROLOGIX 1400 1766-L32BxB.....	43
TABLA 2.30. CARACTERÍSTICAS DEL SERVO AMPLIFICADOR 2097-V33PR5-LM KINETIX 350 SINGLE AXIS ETHERNET/IP.....	44
TABLA 2.31. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ENCODER INCREMENTAL AUTONICS.....	45
TABLA 2.32. CARACTERÍSTICAS DEL VARIADOR DE VELOCIDAD 25B-B011N104 POWERFLEX 520-SERIES.....	46

TABLA 2.33. CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DC PARA EL SISTEMA DE CONTROL GENERAL	47
TABLA 2.34. CONSUMO DE CORRIENTE DE LOS LAZOS Y ELEMENTOS A PROTEGER..	47
TABLA 2.35. DISPOSITIVOS DE MANIOBRA PRIMARIOS.....	48
TABLA2.36. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PANELVIEW C600 2711C-T6T.....	48
TABLA 2.37. EQUIPOS DE CONTROL Y MANIOBRA PARA LA ARQUITECTURA DE CONTROL PROPUESTA.....	49
TABLA 2.38. LISTADO DE BORNERAS PARA LAS CONEXIONES DE POTENCIA Y CONTROL	51
TABLA 2.39. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL.....	58
TABLA2.40. LISTA DE ACTIVIDADES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.	60
TABLA 2.41. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.	60

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. DOCUMENTO TECNICO ARCHITECTURE BUILDER
- ANEXO B. MANUALES TECNICOS Y DATA SHEET's
- ANEXO C. PLANOS ELECTRICOS, DIAGRAMAS DE LAZO Y DIAGRAMAS DE MANDO
- ANEXO D. PLANTILLA DE ANALISIS DE COSTOS
- ANEXO E. COTIZACIONES
- ANEXO F. PLANTILLA DE ANALISIS DE COSTOS: CORTE DE PASTON LADRILLERA LA SULTANA
- ANEXO G. PROPUESTA TÉCNICO – COMERCIAL

INTRODUCCIÓN

Satisfacer el exigente y competitivo mercado se convierte en una necesidad para cualquier empresa o compañía. Dentro del sector de las empresas de manufactura esta necesidad ha llevado a la búsqueda constante de la automatización de los procesos de producción. La automatización del proceso aportará numerosas ventajas a su producción. Un proceso de fabricación automatizada en la industria hoy en día, significa un producto final de mayor calidad y más competitivo debido a factores tales como la normalización de procesos y productos, la velocidad de producción, programación de la producción, la reducción continua de los residuos y menos probabilidades de equivocarse [1].

Existen muchas clasificaciones y tipos de proyectos, según su propósito, según sus fuentes de financiamiento, según el ámbito de cobertura, según su tamaño, entre otras categorías [2]. Sin embargo, y para propósitos de este documento, dentro de todas las clasificaciones y tipos de proyectos posibles se encuentran los de ingeniería, y más específicamente los referentes a la automatización de procesos industriales.

Atendiendo a esta necesidad de mercado, que de ninguna manera es ajena a las necesidades presentes en la industria local, se hace más que necesario por parte de las empresas de manufactura implementar soluciones proyectadas a mejorar sus procesos de producción. Dentro de este grupo de empresas del sector nacional y local se encuentra LA SULTANA – BLOQUES, LADRILLOS Y ACABADOS CERÁMICOS S.A. ubicada en la Vereda La Primavera Vía Puerto Tejada - Villa Rica (Cauca) la cual busca iniciar un proyecto para el mejoramiento del proceso de producción de ladrillos. Este proyecto de pregrado tiene como objetivo principal la reducción del “desperdicio” de recuperación generado en la etapa de corte de pastón, el cual se presenta por un problema funcional en la máquina encargada de realizar el corte en el material, ocasionando así un reprocesamiento que asciende a un 17% del material procesado.

Soluciones para este tipo de problema pueden encontrarse en el mercado, en donde existe una amplia gama de maquinaria especializada que sule estas necesidades. A pesar de esto, para el caso de la Ladrillera LA SULTANA este tipo de soluciones no están dentro de las opciones que se pretenden implementar. En primer lugar porque no cuenta con un capital de inversión para cubrir los elevados costos que implica adquirir maquinaria especializada para este problema y en segundo lugar porque pretende impulsar programas que involucren al sector académico del Cauca dentro del desarrollo de soluciones en automatización industrial.

El presente trabajo de pregrado aborda como caso de estudio el sistema de moldeo y corte pastón de la ladrillera “La Sultana”, el cual presenta un problema de reprocesamiento de material del 17%, que debe ser corregido para mejorar la productividad del proceso.

En este documento se realiza un estudio detallado al proceso de moldeo y corte de pastón con el propósito de entenderlo, apropiarlo y documentarlo para después proponer un sistema automático que aporte una solución viable al problema de reprocesamiento de material que presenta. El primer capítulo presenta detalladamente los procesos genéricos que se llevan a cabo en la producción de ladrillos, así como una reseña histórica y el estado económico de la industria ladrillera a nivel nacional. Posteriormente se hace una descripción conceptual del proceso de producción presente en la ladrillera “La Sultana”. El segundo capítulo aborda el estudio de ingeniería conceptual, básica y detallada empleando las normas técnicas ISA S88 e ISA S5 para la descripción, modelado del proceso y diseño de la solución. Además se expone el problema presente en el proceso, los requerimientos del cliente, los objetivos del proyecto y los resultados esperados. El tercer capítulo plantea el análisis de costos del proyecto, donde se describe el procedimiento a realizar y como abordar

cada uno de los pasos que contiene. El cuarto capítulo establece la forma de plantear una propuesta técnico-comercial para un proyecto de ingeniería. Finalmente se presentan, en el capítulo de conclusiones, los aspectos más relevantes a destacar en la realización del presente proyecto de pregrado.

1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS

1.1. RESEÑA HISTÓRICA DEL LADRILLO

Es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. Comenzó elaborándose en su forma cruda, como adobe. Se difundió gracias a que se le dio un tamaño que se acomodaba a la mano, recurriendo a materias primas accesibles que se encuentran fácilmente [3].

Llama la atención que con elementos tan comunes como la tierra, el agua, el aire (para el secado) y el fuego (para la cocción) el hombre logró fabricar un material de construcción que, con pocas variantes tecnológicas, siguen manteniendo plena vigencia y demanda [3].

Como el adobe es atacado por el agua, en las regiones con grandes precipitaciones, se comenzaron a desarrollar las técnicas de cocción, lo que le da una definitiva estabilidad como material de construcción. Da cuenta de su pasado los restos de mastabas y zigurats que aún se encuentran, sepultados por la arena de los desiertos, destruidos por el abandono y por la acción del clima sobre el adobe (es decir el ladrillo crudo) tan débil a la erosión [3].

Se define al ladrillo como una “piedra artificial” de forma geométrica, que resulta de la propiedad plástica de la materia prima empleada, la arcilla, que al modelarse con agua, una vez seca y tras su posterior cocción adquiere una gran dureza y resistencia [3].

Es difícil asegurar qué pueblo desarrolló el uso del ladrillo, teniendo en cuenta que a través de la historia se verifica una sucesión de ocupaciones, conquistas e intercambios comerciales y culturales. Se cree que el uso del ladrillo fue incrementándose en función del desarrollo cultural [3].

El ladrillo fue el principal material de construcción en las antiguas Mesopotamia y Palestina, donde apenas se disponía de madera y piedras. Los habitantes de Jericó en Palestina fabricaban ladrillos desde hace unos 9000 años. Los constructores sumerios y babilonios levantaron zigurats, palacios y ciudades amuralladas, con ladrillos secados al sol, que recubrían con otros ladrillos cocidos en hornos, más resistentes y a menudo con esmaltes brillantes formando frisos decorativos. En sus últimos años los persas construían con ladrillos, al igual que los chinos, que levantaron la gran muralla. Los romanos construyeron baños, anfiteatros y acueductos con ladrillos, a menudo recubiertos de mármol [4].

El uso del ladrillo, se popularizó en el mundo conocido por los europeos gracias a que la técnica de producción resulta sencilla, como también la técnica de colocación [3].

En el curso de la edad media, en el imperio bizantino, al norte de Italia, en los Países Bajos y en Alemania, así como en cualquier otro lugar donde escaseara la piedra, los constructores valoraban el ladrillo por sus cualidades decorativas y funcionales. Realizaron construcciones con ladrillos templados, rojos y sin brillo, creando una amplia variedad de formas, como cuadros, figuras de punto de espina, de tejido de esterilla o lazos flamencos. Esta tradición continuó en el renacimiento y en la arquitectura georgiana británica, y fue llevada a América del norte por los colonos. Pero fue en España donde por influencia musulmana, el uso del ladrillo alcanzó más difusión, sobretodo en Castilla, Aragón y Andalucía [4].

En América, las civilizaciones precolombinas no muestran antecedentes del uso del ladrillo. Para la mayoría de las construcciones importantes se recurría a la piedra encuadrada y pulimentada. En el caso de las esculturas centroamericanas y mexicanas, se han encontrado vestigios del uso de adobe de grandes dimensiones,

pero en templos y palacios se empleaba siempre la piedra. Los Incas y sus predecesores utilizaban la piedra en el altiplano y el adobe en regiones costeras, lo que en general se repetían en todo tipo de construcciones. Con la llegada de los conquistadores españoles se incorporó el uso del ladrillo cocido a las nuevas construcciones de relevancia, pero el adobe, por razones de economía y facilidad, se continuó usando [3].

1.2. ESTADO ECONÓMICO DE LA INDUSTRIA LADRILLERA EN COLOMBIA

Colombia exporta alrededor de US\$214.7 millones de materiales de construcción de los cuales 30.4% (US\$65.260 millones) corresponden a la venta de productos elaborados con arcilla, según lo corroboran recientes cifras de Proexport. En Colombia se producen 376.947 toneladas mensuales de ladrillo, es decir 4.523.364 al año [4].

El país cuenta con un total de 1.924 unidades productoras de ladrillo, de las cuales solo 88%, es decir 1.694 se encuentran en operación; 2% (38) están liquidadas y 5% (96) están cerradas temporalmente. Lo anterior es una muestra de la amplia capacidad instalada que tiene Colombia para producir ladrillo de alta calidad [4]. Sin embargo se está utilizando solo 53.4% de esta capacidad, lo cual indica que es vital realizar acciones de diversa índole que permitan dinamizar la industria y jalonar nuevos negocios. Es por ello que no solo se debe pensar en vender localmente los productos sino aprovechar las oportunidades a nivel arancelario y la preferencia comercial que existen para los productos colombianos en el exterior [4].

1.3. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LADRILLOS

Toda fábrica de ladrillos, ejecuta una serie de procesos estándar que comprenden desde la elección del material arcilloso al empaquetado final. La materia prima utilizada para la producción de ladrillos es la arcilla. Este material está compuesto, de sílice, alúmina, agua y cantidades variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio [5].

La arcilla no es una roca primitiva sino el producto de la descomposición de ciertas rocas ígneas antiguas, se presenta en terrenos llamados estratificados generalmente en capas regulares. La arcilla pura es el silicato de aluminio llamado caolín. Pueden ser de dos clases, según su procedencia [4]:

Primarias o residuales: Formadas in situ, o sea, donde se desintegró la roca. Contienen partículas sin ninguna clasificación, desde caolinizadas hasta fragmentos de roca y minerales duros e inalterados. Por su heterogeneidad no son de mucha aplicación en la industria cerámica.

- Secundarias o sedimentarias: Han sido transportadas y depositadas en pantanos, lagos, el océano, etc. Tienen mejores condiciones para la industria cerámica.

La arcilla es capaz de absorber higroscópicamente hasta el 70% en peso de agua. Debido a la característica de absorber humedad, la arcilla cuando está hidratada, adquiere la plasticidad suficiente para ser moldeada, distinto de cuando está seca, que presenta un aspecto terroso [5].

Cuando se humedece la arcilla se convierte en una masa fácil de manejar y moldear, una vez moldeada se procede a endurecerla y convertirla en ladrillo por el método de secado al sol o por cocción, que resulta más rápido. Como pierde agua su tamaño se reduce alrededor de un 5% [6].

El proceso de producción de ladrillos puede resumirse en [5]: Explotación de cantera, Maduración, Refinación, Humidificación, Moldeado, Secado, Cocción, Control de calidad, Descarga y almacenaje.

1.3.1. EXPLOTACIÓN DE CANTERA

El proceso empieza buscando terrenos arcillosos. A fin de encontrar recursos minerales suficientes y sea rentable su explotación, se analizan terrenos donde se prevé hay arcilla, haciendo perforaciones (catas) en diferentes zonas seleccionadas, a fin de extraer muestras y analizar calidad y cantidad de arcilla disponible y duración de la explotación [5].

Una vez seleccionado el terreno, el trabajo sigue en los despachos para asegurarse que no hay impedimento legal para legalizar los terrenos y explotar sus recursos naturales [5]. En esta fase del proceso es necesario eliminar una primera capa de materia vegetal, no apta para la fabricación de cerámica [7]. El método de explotación minero implementado en todas las industrias ladrilleras es a cielo abierto [8].

1.3.2. MADURACIÓN

Después de extraer la arcilla se hacen grandes acopios, de manera que las diferentes capas naturales vayan lo más mezcladas posibles [5].

Dicho acopio se hace para la meteorización (o pudrición) de la arcilla, que consiste en someterla a la acción de elementos atmosféricos; pues al quedar expuesta al aire libre, el agua de lluvia la lavará, disolviendo y eliminando sales e impurezas, además favorece la descomposición de elementos orgánicos como raíces, hojas, etc., permitiendo la purificación química y biológica del material. De esta manera se obtiene un material completamente inerte y poco dado a posteriores transformaciones [3] [7]. El reposo a la intemperie también facilita el desmenuzamiento de los terrones y la disolución de los nódulos para impedir las aglomeraciones de las partículas arcillosas. Los terrones suelen tener una granulometría que va desde el polvo hasta los 50 cm de bloques irregulares [5][6].

1.3.3. TRATAMIENTO MECÁNICO PREVIO

Después de la maduración que se produce en la zona de acopio, sigue la fase de pre-elaboración que consiste en una serie de operaciones que tienen la finalidad de purificar y refinar la materia prima. La arcilla es transportada para el proceso de desmenuzamiento que reduce el tamaño de los bloques más grandes, además se eliminan elementos como piedras, metales, etc., que restan uniformidad al material y pueden afectar los posteriores procesos [5][6].

Una vez reducido el tamaño de la arcilla y hacerla apta para ser triturada se transporta hacia los molinos donde la transformarán en granos de polvo de 3mm como máximo[5][7].

1.3.4. HUMIDIFICACIÓN

Antes de llegar a la operación de moldeo, la arcilla se lleva a una amasadora. En este proceso el polvo de arcilla se mezcla con la cantidad justa de agua, y una vez uniformada la mezcla, se transporta hacia un laminador refinador al que seguirá la extrusora, donde se colocará el molde de la pieza que se quiera fabricar [5][6]. La mezcla debe ser apta para resistir los diversos procesos químicos y físicos a los que será sometida [7].

1.3.5. MOLDEADO

Comprende la fabricación del producto por extrusión o prensado. La extrusora hace fluir la pasta plástica a través del molde ubicado en la salida de la máquina [6]. El molde es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir [5].

El moldeo, normalmente, se hace en caliente utilizando vapor saturado aproximadamente a 130°C y a presión reducida. Procediendo de esta manera, se

obtiene una humedad más uniforme y una masa más compacta, puesto que el vapor tiene un mayor poder de penetración que el agua [5][6].

El material se somete a un proceso de vacío donde se comprime la pasta, de esta manera se quita todo el aire que se encuentra en ella, obteniéndose así una mezcla homogénea de humedad uniforme y con una superficie bien terminada (lisa). El grado de vacío debe ser constante, de tal manera que la misma cantidad de arcilla que entre sea la que salga. La eliminación del aire en la arcilla evita la formación de burbujas y poros y, además, añade a la pasta una plasticidad suplementaria necesaria para el conformado. Dicha plasticidad se debe a una unión íntima de partículas. La cámara de vacío reduce el contenido del agua de la pasta, por lo que esta sale de la prensa más dura de lo que entro [7]. El extrusor saca una barra de manera continua, que un cortador primario se encarga de ir cortando a la medida deseada. Estas barras, ya cortadas, entran en otro cortador que los empuja a través de unos hilos de hierro, que las cortan a las medidas comerciales [5].

1.3.6. SECADO

El secado es una de las fases más delicadas del proceso de producción. De esta etapa depende, en gran parte, el buen resultado y calidad del material, más que nada en lo que respecta a la ausencia de fisuras. El secado tiene la finalidad de eliminar el agua agregada en la fase de moldeado antes de pasar a la fase de cocción [5][6]. El secado utilizado en la industria ladrillera puede ser natural o artificial. En las industrias grandes y medianas se encuentran secaderos artificiales tipo túnel, cámaras y secaderos verticales, mientras en las pequeñas el secado es de tipo natural [8].

Los secaderos artificiales pueden ser de cámaras independientes o túneles; el secado se efectúa con aire caliente. Esta es la fase en que el material se estabiliza adoptando definitivamente la forma, medidas y resistencia necesarias para, posteriormente llevar el material al horno para su cocción [6]. Durante la eliminación del agua se observa que la pasta disminuye de volumen proporcionalmente al agua eliminada; Por lo que comienzan a formarse huecos, de dimensiones proporcionales al volumen de dicha agua [7].

Las temperaturas en el proceso de secado llegan a los 170 °C. El aire de secado proviene del horno, que aprovechan las temperaturas con las que se cuecen para secar las piezas, que luego es eliminado por medio de una chimenea. Durante este proceso es eliminado el 90% de la humedad [5][7].

1.3.7. COCCIÓN

La acción del calor es el fundamento de la industria cerámica, por lo que su dosificación se realiza de acuerdo con los distintos tipos de arcilla y las características del producto que se desea obtener. Así el proceso de cocción se realiza a temperaturas elevadas a una marcha lenta y prudente. Los factores determinantes son el producto por cocer y el horno. En lo que a este último se refiere, tienen que ser construido en un sitio suficientemente drenado para borrar todo indicio de humedad; y su bóveda debe ser tan refractaria que pueda resistir altas temperaturas; así como las frecuentes expansiones y contracciones [7]. La transformación del material seco en uno totalmente estable deviene a través de diversas modificaciones físicas y químicas que sufren los componentes minerales por efecto de la temperatura [6].

Para el proceso de cocción de ladrillos existen gran variedad de hornos, que de acuerdo con su tecnología, le proporcionan a los ladrillos diferentes propiedades físicas como: color, dureza resistencia y tamaño. Así mismo, según su nivel tecnológico, se emplean diferentes fuentes de energía de acuerdo con la temperatura necesaria para desarrollar la quema en el proceso de la cocción [8].

Los ladrillos al ser sometidos al proceso de cocción pasan por complejas reacciones regidas por su composición química y mineralógica. El agua absorbida se pierde a 120

°C, entre 200 y 300°C se pierde el agua combinada, la arcilla se descompone entre 600-700°C y finalmente entre 800 y 1000°C ocurre la cristalización de nuevos compuestos y se realiza propiamente la cocchura [8]. En la cocción se completan las reacciones químicas. Los ladrillos sufren una ligera contracción y adquieren una estructura característica que le da fuerza. La temperatura de cocción oscila entre los 1000 y 1100°C.

Los procesos de la cocchura en el horno son tres. El primer proceso es el precalentamiento, donde se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla, el agua es removida por aire continuamente renovado y aumenta constantemente la temperatura, el precalentamiento se considera terminado cuando toda la masa alcanza los 100°C. Esto sigue hasta el segundo proceso, que es la cocción, donde no se aumenta la temperatura, ya que han llegado a la máxima de 910 °C. Es necesario que las piezas estén un tiempo a la misma temperatura de cocción, a fin de asegurarse que esta temperatura llegue hasta el interior de las paredes de la pieza y no se cueza solamente las partes superficiales de la misma. El tercer paso es el enfriamiento, donde las piezas van perdiendo temperatura progresivamente [5]. El enfriamiento de las piezas está definido por su tamaño, cuanto mayor es el tamaño de los ladrillos, la temperatura normal se alcanza más lentamente. Los productos cuyo enfriamiento se realiza lentamente, son tenaces y muy resistentes a las acciones mecánicas. Por el contrario un enfriamiento rápido los hace frágiles, hasta el punto que si han sido enfriados con demasiada premura se rompen a veces espontáneamente, sin la intervención de agentes mecánicos externos [8]. Todo este proceso dura unas 10 horas como mínimo, desde que entran al horno hasta que salen [5].

1.3.8. CONTROL DE CALIDAD

Este proceso es fundamental para la empresa pues representa la filosofía de búsqueda de calidad que se desea en el producto final. Para realizar los controles de calidad, se seleccionan aleatoriamente de cada lote unos cuantos ladrillos en el momento de la descarga de las vagonetas, y que son enviados al laboratorio para el análisis y estudio de su calidad[5].

A parte de los controles de laboratorio, el personal de la descarga de las vagonetas, realiza un control superficial de la calidad de los ladrillos para observar si existen roturas, grietas o similares. Se considera que alrededor del 1% de los ladrillos son rechazados para su venta como ladrillos debido a grietas. Esta parte de material rechazado se puede revender y aprovechar para otros usos, de manera que se intenta vender todo este porcentaje de material[5].

1.3.9. DESCARGA Y ALMACENAJE

Cuando el producto se ha cocido y es resistente y llena las exigencias de calidad, se coloca en formaciones de paquetes sobre los denominados "pallets" que hacen fácil su traslado de un lugar a otro. Estos se atan con cintas metálicas o de plástico para que no corran riesgo de caerse y dañarse, y poder llevarlos a los lugares de almacenamiento [6].

El almacenamiento es un punto importante dentro del proceso de fabricación de ladrillos, porque debe ser un lugar que los proteja de los elementos como el agua, el sol excesivo o la humedad extrema que podrían en alguna manera mermar su calidad. Además debe permitir una fácil manipulación para despachos, inventarios, etc. [6].

1.4. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL PROCESO DE MOLDEO Y CORTE DE PASTÓN EN LA LADRILLERA "LA SULTANA"

Antes de abordar el proceso productivo realizado en el área de moldeo y corte de pastón en la ladrillera "La Sultana", es necesario definir que es arcilla, sus tipos, insumos de producción y proveedores.

1.4.1. LA ARCILLA

La arcilla es una sustancia mineral terrosa constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de minerales de aluminio [9]. El diámetro de las partículas es inferior a 0,002 mm y puede contener partículas no minerales. Químicamente es un silicato hidratado de alúmina, cuya fórmula es: $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$ [9].

Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800° C. La arcilla endurecida bajo la acción del fuego fue la primera cerámica elaborada por el hombre, y aún es un material de amplio uso y económico (Ladrillos, utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la ocarina son elaborados con arcilla) [9]. También se la utiliza en procesos industriales, tales como: elaboración de papel, producción de cemento y variedad de procesos químicos. Algunas de sus propiedades son[9]:

- Plasticidad: mediante la adición de agua puede adquirir variedad de formas. Esto es debido a la finura del grano (cuanto más pequeña y aplanada adquiera mas plasticidad), la atracción química entre partículas, la materia carbonosa así como una cantidad adecuada de materia orgánica.
- Refractariedad: todas las arcillas son refractarias, es decir resisten los aumentos de temperatura sin sufrir variaciones.
- Porosidad: el grado de porosidad varía según el tipo de arcilla. Esta depende de la consistencia más o menos compacta que adopta el cuerpo cerámico después de la cocción. Las arcillas que cuecen a baja temperatura tienen un índice más elevado de absorción puesto que son más porosas.
- Color: Las arcillas presentan coloraciones diversas después de la cocción debido a la presencia en ellas de óxido de hierro y/o carbonato cálcico.

En la actualidad la ladrillera “La Sultana” emplea dos tipos de arcilla: Greda tipo 1 y Blanca Tipo 2.

ARCILLA GREDA (TIPO 1)

Utilizada principalmente en alfarería y originada de rocas arcillosas, ampliamente abundante en la Tierra. Estas se forman por una acumulación de láminas de partículas microscópicas, compuestas de sílice y de aluminio, elementos que vienen a su vez de la alteración de rocas ígneas y metamórficas[9].

Esta arcilla se caracteriza por un alto grado de plasticidad y bajo costo, usándose en la elaboración de productos más comerciales. En la Figura 1.1 se aprecia una pila de arcilla greda.

Figura 1.1. Arcilla greda en área de reposo de la planta 1.



Fuente:[10].

ARCILLA BLANCA (TIPO 2)

Arcilla más arenosa y costosa que la greda, generalmente usada para elaborar piezas decorativas, productos de baja demanda y alto valor. En la Figura 1.2 se observa una pila de arcilla blanca.

Figura 1.2. Arcilla blanca ubicada en área de reposo de planta 1.



Fuente [10].

1.4.2. INSUMOS

En el procesamiento de la arcilla (greda y blanca) se usa una serie de insumos:

AGUA

Usada para darle a la arcilla el grado de humedad requerido para su procesamiento, el cual se encuentra alrededor del 24% HR.

ACPM

Usado como lubricante para impedir que se adhieran los productos entre sí. La Figura 1.3 muestra el tanque de almacenaje del ACPM en la ladrillera "La Sultana".

Figura 1.3. Zona de almacenaje de A.C.P.M ubicada en planta 1.



Fuente:[10]

CARBÓN MINERAL

Usado como combustible en dos sub procesos:

- Proceso de secado de ladrillos: el carbón mineral se emplea como combustible en la hornilla del secadero.
- Proceso de cocción de ladrillos: se utiliza carbón mineral molido para el proceso de cocción.

La Figura 1.4 muestra carbón mineral apilado en la zona de almacenaje de este insumo al interior de la planta 1.

Figura 1.4. Zona de depósito de carbón mineral en planta 1.



Fuente:[10]

1.4.3. PROVEEDORES

La ladrillera “La Sultana” cuenta con minas propias de explotación de arcilla greda. La explotación se realiza en terrenos adquiridos con sus respectivas licencias: título minero vigente, debidamente inscrito en el registro nacional minero, licencia ambiental o de la resolución, por medio de la cual la autoridad ambiental acoge, aprueba o impone el plan de manejo ambiental (resolución 3353 de 2001). Las explotaciones se realizan dos veces al año, obteniendo un aproximado de doce mil (12000) toneladas de arcilla greda anual. Si la calidad de la arcilla no es apropiada se recurre a proveedores esporádicos de Puerto Tejada.

La arcilla blanca no se encuentra en la región del norte del Cauca, por lo que se acude a proveedores de Popayán, que cuentan con minas de explotación de arcilla blanca. La demanda de esta arcilla es baja, pues se emplea en la elaboración de productos decorativos, menos comerciales. Dicha arcilla se compra ocasionalmente en el transcurso del año, alrededor de 2000 toneladas anuales.

1.4.4. DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL DEL PROCESO

Para hacer la descripción conceptual del proceso de moldeo y corte de pastón que se lleva a cabo en la ladrillera “La Sultana” se usa [11]. En la ladrillera “La Sultana” Planta 1, el proceso de moldeo y corte de pastón se describe mediante los siguientes sub-procesos:

1.4.4.1. MADURACIÓN

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de maduración de la ladrillera.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La ladrillera “La Sultana” emplea como única materia prima; arcilla. Sin embargo, antes de incorporar la arcilla al ciclo de producción, esta se debe someter a reposo en acopio, esto es apilar un gran volumen de arcilla en una zona destechada donde reposa a la intemperie, para facilitar desmenuzar terrones y disolver nódulos o aglomeraciones de partículas arcillosas. Además, la exposición a los elementos (aire, lluvia, sol, hielo, etc.) favorece la descomposición de la materia orgánica y la purificación química y biológica del material. Así se obtiene un material inerte y poco dado a posteriores transformaciones mecánicas o químicas [9].

El paso de la arcilla en la zona de reposo es de alrededor seis meses, luego pasa a los tratamientos de trituración y homogenización. Antes de pasar a los subsiguientes tratamientos, la arcilla debe ser revisada para asegurar que no contiene objetos extraños de gran tamaño (rocas, trozos de madera o metal, etc.) que puedan afectar la operación de trituración y/o homogenización.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

También llamada “Minas y Lechos” es una extensa zona destechada ubicada en la parte posterior de la planta de producción en la cual se apilan y almacenan grandes cantidades de arcilla al aire libre para que se lleve a cabo el proceso de maduración. En esta zona se encuentra dispuesto un buldócer que tiene la tarea de transportar la arcilla requerida a los siguientes sub-procesos.

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.1 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de maduración junto con una breve descripción de las mismas.

Tabla 1.1. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de maduración.

SUB-PROCESO DE MADURACIÓN	
VARIABLE CONTROLADA: Composición química y física del material	<i>Descripción:</i> la arcilla debe presentar ciertas propiedades químicas y físicas antes de incorporarse a los siguientes procesos las cuales son adquiridas mediante la maduración de la misma.
VARIABLE MANIPULADA: Tiempo de reposo a la intemperie del material.	<i>Descripción:</i> debe controlarse el tiempo durante el cual la arcilla es sometida a maduración para lograr las propiedades físicas y químicas que esta debe tener para los siguientes sub-procesos.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la tabla 1.2 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de maduración junto con una breve descripción de los mismos.

Tabla 1.2. Disturbios presentes en el sub-proceso de maduración.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE MADURACIÓN
Nódulos y terrones	<i>Descripción:</i> son aglomeración de partículas arcillosas unidas que forman masas compactas y duras. Este disturbio puede ser clasificado como no crítico.
Objetos extraños	<i>Descripción:</i> son materiales diferentes de la arcilla de cierto tamaño que son apilados junto con esta y que no son pertinentes para el proceso. Este disturbio puede ser clasificado como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

Para esta parte del proceso se utiliza un esquema de control híbrido ejecutado por un operario que evita el ingreso al proceso de objetos extraños y a su vez elimina los nódulos y terrones presentes en la materia prima.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

Para este sub-proceso se tiene un escenario de automatización Stand Alone, en el que las tareas de proceso son ejecutadas por un operario o persona calificada para ello.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de maduración no se detallan instrumentos.

1.4.4.2. CAJÓN DOSIFICADOR

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de dosificación de la planta de producción.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La arcilla es transportada de la zona de reposo por un buldócer al cajón dosificador el cual se encarga de alimentar el resto del proceso de forma continua, uniforme y controlada por medio de una cadena dosificadora. Además de la dosificación del material, también son desbaratados los grumos que presenta la arcilla (que para este primer paso son de gran tamaño) gracias a un molinete ubicado al final de la cadena dosificadora. En la Figura 1.5 se muestra el cajón dosificador de la planta de producción.

Figura 1.5. Cajón dosificador en planta 1.



Fuente:[10]

En esta estación se debe controlar la cantidad de arcilla con la que es alimentado el proceso, pues se puede superar la capacidad de procesamiento del cajón dosificador y averiarlo, o se puede afectar el procesamiento posterior por poca materia prima para procesar, por lo cual el buldócer debe mantener una velocidad de alimentación más o menos constante.

En ocasiones el material presenta objetos extraños los cuales pueden averiar la maquinaria, dichos objetos escapan a los controles de selección de materia prima que ingresa al proceso y causan daños a los equipos o paradas en la dinámica de producción.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

En este lugar de la planta se encuentra ubicado el cajón dosificador o cajón alimentador del proceso marca HANSEATICA modelo C4DF que consta de:

- Bastidor: es rígido y auto-portante soporta el conjunto de partes que componen al alimentador. Esta fabricado con perfiles y chapa de acero electro soldada donde se alojan un reductor TECO de 230/460 V, el eje motriz y el eje conducido.
- Tolva: está construida en chapa de acero. Su forma divergente hacia la salida facilita el desplazamiento de la arcilla hacia el fondo.
- Cadena transportadora: formada por escamas de acero que aseguran una gran resistencia. Se cuenta también con rodillos adicionales de apoyo optimizando al máximo la capacidad de carga.
- Molinete: ubicado a la salida del alimentador y provisto de palas, regulables en longitud que alcanzan el material a la salida de la compuerta, asegura una dosificación uniforme y reduce los terrones de gran tamaño. Está accionado por un moto-reductor SIEMENS de 220/440 V independiente.

En esta estación también se ubica una banda transportadora de 4,2 m de longitud de fabricación artesanal movida por un motoreductor TECO de 230/460 V, la cual traslada la arcilla dosificada hacia la estación de desintegración (Ver Figura 1.5).

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.3 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas del sub-proceso de dosificación junto con una breve descripción de las mismas.

Tabla 1.3. Variables controladas y manipuladas del sub-proceso de dosificación.

SUB-PROCESO DE DOSIFICACION	
VARIABLE CONTROLADA: Flujo de materia prima que ingresa al proceso	<i>Descripción:</i> la arcilla que ingresa al proceso de dosificación debe mantener un flujo constante para evitar cuellos de botella o escases para el resto de sub-procesos.
VARIABLE MANIPULADA: Velocidad de alimentación de materia prima.	<i>Descripción:</i> para mantener un flujo constante de alimentación de materia prima debe controlarse la velocidad con la cual el bulldozer alimenta al cajón dosificador.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.4 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de dosificación junto con una breve descripción de los mismos.

Tabla 1.4. Disturbios presentes en el sub-proceso de dosificación.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE DOSIFICACION
Objetos extraños	<i>Descripción:</i> son materiales diferentes de la arcilla de cierto tamaño que obstruyen la maquinaria y pueden dañarla. Este disturbio puede ser clasificado como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

Para este sub-proceso se utiliza un esquema de control Feedforward ejecutado por un operario, que evita el ingreso de objetos extraños de gran tamaño al proceso que afecten la dinámica de producción y la maquinaria.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

Para este sub-proceso se tiene un escenario de automatización Stand Alone, que permite controlar la dosificación y el flujo de material que es entregado al siguiente sub-proceso.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de dosificación no se detallan instrumentos.

1.4.4.3. MOLINO ROMPE-TERRONES

Ahora se hace la descripción conceptual del sub-proceso de molido llevado a cabo en la ladrillera “La Sultana”.

DESCRIPCION DEL PROCESO

Una banda transportadora lleva la arcilla un poco más suelta a un molino que desbarata los terrones y grumos que esta presenta, reduciendo su tamaño irregular a dimensiones uniformes que facilitan su correcta dosificación y procesamiento posterior. La Figura 1.6 muestra el molino rompe terrones de la planta de producción.

Figura 1.6. Molino rompe-terrones en planta 1.



Fuente:[10].

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

En esta parte de la planta se ubica un molino desintegrador marca MORANDO y modelo RA5 que consiste de dos masas cilíndricas con escamas (o dientes) con transmisiones laterales que giran y encajan tal como un cierre, los cuales están

montados en una bancada de gran robustez para soportar los grandes esfuerzos a los que se somete. Dicho molino es movido por un motor eléctrico de 30 HP a 1175 rpm, con voltaje de 440 V. En esta estación también se cuenta con una banda transportadora de 9,3 m de largo de fabricación artesanal movida por un moto reductor TECO de 230/460 V, que traslada la arcilla molida a la estación de mezclado (Ver Figura 1.6).

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.5 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de molido junto con una breve descripción.

Tabla 1.5. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de molido.

SUB-PROCESO DE MOLIDO	
VARIABLE CONTROLADA: Flujo de materia prima.	<i>Descripción:</i> el flujo de materia prima que ingresa a este proceso debe mantenerse constante para evitar cuellos de botella o escases en el mismo.
VARIABLE MANIPULADA: Velocidad de alimentación de materia prima.	<i>Descripción:</i> para mantener un flujo constante de materia prima debe controlarse la velocidad con la cual es alimentado el cajón dosificador.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.6 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de molido junto con una breve descripción de los mismos.

Tabla 1.6. Disturbios presentes en el sub-proceso de molido.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE MOLIDO
Objetos extraños	<i>Descripción:</i> son materiales no arcillosos de cierto tamaño que obstruyen la maquinaria y pueden dañarla. Este disturbio puede ser clasificado como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

Para esta estación se tiene un esquema de control Feedforward ejecutado por un operario, que evita la presencia de objetos extraños en el proceso, los cuales afectan la maquinaria e impiden el flujo de material a los siguientes sub-procesos.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

En este sub-proceso se tiene un escenario de automatización Stand Alone que permite controlar el flujo de material que ingresa al sub-proceso de molido para evitar sobrecargarlo.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de molido no se detallan instrumentos.

1.4.4.4. MEZCLADOR O AMASADOR

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de mezclado llevado a cabo en la ladrillera "La Sultana".

DESCRIPCION DEL PROCESO

Una banda transportadora lleva la arcilla al proceso de mezclado o amasado en el cual se asegura la homogeneidad entre la combinación de los distintos tipos de arcilla,

aditivos y agua. Se agrega agua a la mezcla hasta alcanzar una humedad de aproximadamente 24% (también se adiciona arcilla seca en caso de que la humedad sobrepase el 24%). En la Figura 1.7 se aprecia el mezclador de la planta de producción.

Figura 1.7. Mezclador o amasador en planta 1.



Fuente:[10]

En este sub-proceso debe controlarse el porcentaje de humedad que presenta la materia prima, para ello se controla la cantidad de agua o arcilla seca que es añadida al material para conseguir el porcentaje óptimo de humedad. Debe tenerse en cuenta que en ocasiones la materia prima presenta un nivel de humedad excesivo desde el proceso de alimentación, el cual es difícil de reducir, afectando significativamente el proceso de extrusión y corte.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

En esta ubicación se encuentra un mezclador o amasador marca MAQUILOB que consiste de un cajón o cuba de amasado con una capacidad volumétrica que proporciona el tiempo suficiente para que el material absorba el agua que es agregada. También cuenta con un sistema de aletas que amasa la arcilla y un sistema de humidificación para agregar proporcionalmente agua a la arcilla cuando esta lo requiera. Dicho mezclador es accionado por un motor eléctrico LEESON de 460 V, 20 HP y 1740 rpm. Además, se tiene incorporada una banda de transporte de 5,4 m de longitud, de fabricación propia, movida por un motoreductor de 30 HP, el cual lleva la arcilla mezclada a la estación de laminado (Ver Figura 1.7).

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.7 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de mezclado junto con una breve descripción.

Tabla 1.7. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de mezclado.

SUB-PROCESO DE MEZCLADO	
VARIABLE CONTROLADA: Humedad de la materia prima.	<i>Descripción:</i> la arcilla debe alcanzar un 24% de humedad para un correcto procesamiento.
VARIABLE MANIPULADA: Flujo de agua adicionada al material.	<i>Descripción:</i> para alcanzar un 24% de humedad se adiciona agua a la arcilla en cantidades necesarias.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.8 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de mezclado junto con una breve descripción.

Tabla 1.8. Disturbios presentes en el sub-proceso de mezclado.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE MEZCLADO
Humedad excesiva del material.	<i>Descripción:</i> es cuando la arcilla presenta una humedad muy superior al 24% lo cual afecta el proceso de mezclado. Este disturbio se clasifica como crítico.
Presencia de objetos extraños.	<i>Descripción:</i> es cuando en la arcilla aun se encuentran presentes objetos como piedras, metales madera, etc., que afectan la maquinaria. Este disturbio se clasifica como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

Para este sub-proceso se usa un esquema de control Feedforward ejecutado por un operario, que evita la presencia de objetos extraños y asegurar un nivel mínimo aceptable de humedad.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

Para este sub-proceso se tiene un escenario de automatización Stand Alone, que controla el flujo de agua adicionada a la arcilla para alcanzar la humedad requerida.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de mezclado no se detallan instrumentos.

1.4.4.5. LAMINADOR REFINADOR

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de laminado en la planta de producción.

DESCRIPCION DEL PROCESO

Una banda transportadora lleva la arcilla al laminador refinador, donde se lleva a cabo la última molienda de las arcillas, reduciendo el material hasta conseguir una masa uniforme que garantiza una buena calidad del moldeo. El molimiento se realiza por la acción combinada de presión y el efecto de desgarrado realizada por dos rodillos contrarrotativos (con separación entre sí de 1 a 2mm) que giran con un bajo diferencial de velocidad, los cuales someten la materia prima a un aplastamiento y aplanchado que hacen aún más pequeños los grumos que pueda presentar. En esta estación se consigue la eventual trituración de los últimos nódulos presentes en el material. El laminador refinador de la planta de producción se ve en la Figura 1.8.

Figura 1.8. Laminador refinador en planta 1.



Fuente:[10].

DESCRIPCIÓN DE PLANTA

En esta estación se ubica el laminador refinador marca RIETER-WERKE, el cual está conformado por dos cilindros rotatorios lisos montados en ejes paralelos, con separación entre sí de 1 a 2mm (espacio por el cual se hace pasar la arcilla). Uno de los cilindros es movido por un motor eléctrico de 20hp a 1175 rpm y 440v; el otro cilindro es movido por un motor eléctrico de 29 hp a 1175 RPM y 440v. También se cuenta en esta estación con una banda transportadora de fabricación propia, con longitud de 7,1 m, movida por un motoreductor SUMITOMA de 440 V, la cual traslada la arcilla laminada a la estación de extrudido. (Ver Figura 1.8).

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.9 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de laminado junto con una breve descripción.

Tabla 1.9. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de laminado.

SUB-PROCESO DE LAMINADO	
VARIABLE CONTROLADA: Plasticidad de la materia prima.	<i>Descripción:</i> es la cualidad que tiene la arcilla (después de ciertos procesos) de ser moldeada.
VARIABLE MANIPULADA: Humedad de la materia prima.	<i>Descripción:</i> la arcilla debe alcanzarse un 24% de humedad para obtener un grado de plasticidad deseado.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.10 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de laminado junto con una breve descripción.

Tabla 1.10. Disturbios presentes en el sub-proceso de laminado.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE LAMINADO
Humedad excesiva del material	<i>Descripción:</i> es cuando la arcilla presenta una humedad muy superior al 24% lo cual afecta la plasticidad deseada. Este disturbio se clasifica como crítico.
Presencia de objetos extraños	<i>Descripción:</i> es cuando en la arcilla aún se encuentran presentes objetos como piedras, metales madera, etc., que aunque pequeños afectan la maquinaria y por ende el proceso. Este disturbio se clasifica como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

En esta estación se utiliza un esquema de control Feedforward ejecutado por un operario, que asegura el nivel de humedad requerido para alcanzar el grado de plasticidad óptimo en el proceso y evita la presencia de objetos extraños que afectan los equipos.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

Para esta estación se usa un escenario de automatización Stand Alone, que permite controlar el grado de humedad presente en la arcilla para alcanzar la plasticidad óptima.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de laminado no se detallan instrumentos.

1.4.4.6. EXTRUSORA

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de extrusión llevado a cabo en la planta de producción.

DESCRIPCION DEL PROCESO

La arcilla ingresa a la extrusora a través de un mezclador, al cual llega primero, la arcilla procesada normalmente, a través de una banda transportadora, y segundo, la arcilla que proviene de una estación posterior (cortador múltiple), en donde se generan “desperdicios” recuperables que son transportados al mezclador por otra banda de transporte. La extrusora consta de una bomba de vacío para comprimir la arcilla y de un sistema de caracoles de compresión que se encargan de empujarla hacia el final de la extrusora donde se halla ubicada una boquilla. Dicha boquilla es una plancha perforada que tiene la forma del objeto que se quiere producir, y por donde pasa la arcilla generando una gran pasta o pastón. La Figura 1.9 muestra la extrusora utilizada en la ladrillera “La Sultana”.

Figura 1.9. Extrusora en planta 1.



Fuente:[10].

Para esta parte del proceso, se debe controlar la cantidad de arcilla con la que es alimentado el extrusor, pues si se alimenta el extrusor con mucha arcilla la velocidad de salida del pastón es alta lo cual afecta el proceso de corte posterior. Para ello se debe regular el flujo de alimentación de arcilla al extrusor, así, de esta manera se puede lograr una velocidad optima de salida del pastón.

DESCRIPCIÓN PLANTA

En la estación de extrudido se ubica una extrusora marca MAQUILOB modelo MC400 la cual consta de hélices cónicas (sistema de caracoles de compresión) para empujar la arcilla, embrague neumático, un motor eléctrico de 150 HP a 1800 RPM y 440 V y una bomba de vacío marca WILIAM VELEZ modelo 3240 accionada por un motor eléctrico de 20 HP a 1800 RPM y presión mínima de aire de 90 psi para comprimir la arcilla. El sistema de caracoles de compresión se encarga de empujar la arcilla hacia el final de la extrusora donde se halla ubicada una boquilla (Ver Figura 1.9).

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.11 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de extrusión junto con una breve descripción.

Tabla 1.11. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de extrusión.

SUB-PROCESO DE EXTRUSION	
VARIABLE CONTROLADA: Velocidad de salida del pastón.	<i>Descripción:</i> el pastón sale de la boquilla del extrusor a una velocidad que depende de la alimentación de arcilla.

VARIABLE MANIPULADA: Flujo de alimentación de arcilla al extrusor.	<i>Descripción:</i> es la cantidad de arcilla y la rapidez con la cual es alimentado el extrusor.
---	---

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.12 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de extrusión junto con una breve descripción.

Tabla 1.12. Disturbios presentes en el sub-proceso de extrusión.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE EXTRUSION
Velocidad de flujo de alimentación.	<i>Descripción:</i> es cuando el extrusor es alimentado con mucha rapidez y en consecuencia el pastón sale demasiado rápido afectando el siguiente sub-proceso. Este disturbio se clasifica como crítico.
Plasticidad no optima del pastón.	<i>Descripción:</i> es cuando la arcilla presenta mucha o muy poca humedad, lo cual afecta la plasticidad de la misma y por ende su capacidad para ser moldeada. Este disturbio se clasifica como crítico.
Flujo de aire	<i>Descripción:</i> se refiere al flujo de aire que forma burbujas en la pasta de arcilla disminuyendo la calidad del producto final. Este disturbio se clasifica como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

Para esta parte del proceso se usa un esquema de control Feedforward ejecutado por un operario y una cámara de vacío, que aseguran el grado de plasticidad requerido y evitan la presencia de burbujas de aire en el pastón.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

En esta parte del proceso se tiene un escenario de automatización Stand Alone que permite controlar el grado plasticidad de la arcilla.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de extrusión se detallan los instrumentos listados en la Tabla 1.13.

Tabla 1.13. Instrumentos presentes en el sub-proceso de extrusión.

INSTRUMENTOS	PROCESO DE EXTRUSION
Vacuómetro	<i>Descripción:</i> instrumento de medición para determinar el vacío generado por la bomba de vacío de la extrusora.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

1.4.4.7. CORTA PASTON

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de corte llevado a cabo en la planta de producción.

DESCRIPCION DEL PROCESO

El pastón sale de la boquilla de la extrusora a una banda transportadora hasta tomar una medida longitudinal preestablecida, donde el corta pastón (que consta de un alambre acerado de 1 milímetro), realiza el corte, obteniéndose un segmento de pastón que es transportado por la banda a la siguiente estación. Para el corte del pastón se utiliza alambre acerado porque presenta menos desperdicios, pues la pasta (que presenta una contextura pegajosa) se adhiere menos a este. La Figura 1.10 muestra el corta pastón presente en el proceso de moldeo y corte.

Figura 1.10. Corta pastón en planta 1.



Fuente: [10].

En la estación de corte de pastón se debe controlar la perpendicularidad del corte que se hace sobre el pastón, pues entre más perpendicular sea el corte menor es la cantidad de “desperdicios” de recuperación en el siguiente proceso. Por tal motivo es esencial que el pastón salga de la boquilla del extrusor con una velocidad optima que permita un corte recto, además se debe asegurar que el pistón encargado de ejercer la fuerza de corte sea alimentado con la presión de aire suficiente para efectuar el corte.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

En esta parte de la planta se ubica el cortador neumático marca HANSEATICA modelo CNI que consta de un alambre acerado de 1milímetro para cortar la pasta en secciones grandes, un cilindro neumático que mueve el alambre verticalmente para realiza el corte, dos fotoceldas utilizadas como fin de carrera para el cilindro neumático, un sensor fotoeléctrico AUTONICS BEN 10M-TDT que detecta la presencia del pastón y envía una señal para realizar el corte, un controlador programable CLC02 WEG a 220v para controlar el proceso de corte, una banda de lona sin fin para apoyar la pasta y una banda transportadora de 5,2 m accionada por un motoreductor de 2,4 HP que transporta el pastón cortado a la estación de cortado múltiple(Ver Figura 1.10).

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.14 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de corte junto con una breve descripción de las mismas.

Tabla 1.14. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de corte.

SUB-PROCESO DE CORTE		
VARIABLE CONTROLADA: Inclinación del corte de pastón.		<i>Descripción:</i> el corte sobre el pastón debe ser perpendicular.
VARIABLES MANIPULADAS	Velocidad de salida del pastón.	<i>Descripción:</i> se debe mantener una velocidad de salida de pastón constante para asegurar la perpendicularidad del corte.
	Presión de alimentación del pistón.	<i>Descripción:</i> la presión de alimentación del pistón debe mantenerse para asegurar que el corta pastón sea empujado con la fuerza suficiente para lograr un corte perpendicular.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.15 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de corte junto con una breve descripción de los mismos.

Tabla 1.15. Disturbios presentes en el sub-proceso de corte.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE CORTE
Velocidad del pastón.	<i>Descripción:</i> la velocidad de salida del pastón es afectada por la rapidez y cantidad con al que es alimentado el extrusor, causando variación en la inclinación del corte. Este disturbio se clasifica como crítico.
Peso propio del corta pastón.	<i>Descripción:</i> la fuerza con la cual se realiza el corte del pastón es afectada por el peso propio del cortador, causando inclinación en el corte. Este disturbio se clasifica como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

En este sub-proceso se utiliza un esquema de control a lazo abierto, pues las variables de disturbio son tratadas como no existentes.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

Para este sub-proceso se tiene un escenario de automatización PLC, el cual ejecuta, mediante una lógica programada, el corte del pastón.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de corte se detallan los instrumentos enlistados en la Tabla 1.16.

Tabla 1.16. Instrumentos presentes en el sub-proceso de corte.

PROCESO DE CORTE	
Instrumentos	Descripción
Manómetro	<i>Descripción:</i> indicador de presión de aire suministrada por el compresor al pistón.
Cilindro neumático	<i>Descripción:</i> cilindro neumático de doble efecto con un vástago mediante el cual se transmite la fuerza para el corte.
Sensor fotoeléctrico	<i>Descripción:</i> sensor fotoeléctrico marca AUTONICS activado por la interrupción de una señal de luz.
PLC	<i>Descripción:</i> controlador programable CLC02 WEG, utilizado para controlar el proceso de corte.
Electroválvula de tres vías	<i>Descripción:</i> electroválvula que permite el paso de aire hacia el cilindro neumático.
Fotoceldas	<i>Descripción:</i> fotoceldas utilizadas como fin de carrera para el cilindro neumático.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

1.4.4.8. CORTADOR MULTIPLE

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de corte múltiple llevado a cabo en la planta de producción.

DESCRIPCION DEL PROCESO

El pastón llega por medio de una banda transportadora al cortador múltiple que se muestra en la Figura 1.11, encargado de realizar cortes específicos según las medidas del producto, dicho cortador consta de una guillotina o porta-alambres que ejecuta el corte en el pastón para posteriormente empujar las piezas generadas a una mesa de rodillos mostrada en la Figura 1.12. Al inicio de dicho cortador se halla ubicado un lubricador que engrasa con ACPM la arcilla, con el fin de evitar que las piezas cortadas se adhieran entre sí. En la mesa de rodillos hay un espacio por el cual se

retiran aquellos productos imperfectos (es decir aquellos que presentan hundimientos) que por lo general son las piezas de cada lado de la pasta, debido al método que emplea la máquina para realizar el corte, dichos imperfectos son también llamados “desperdicios” de recuperación que inmediatamente se dirigen a la extrusora como se explicó con anterioridad.

Figura 1.11. Cortador múltiple en planta 1.



Fuente: [10].

Figura 1.12. Mesa de rodillos en planta 1.



Fuente: [10].

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

En esta ubicación se encuentra el cortador múltiple marca SEVECO (Figura 1.11), que se encarga de realizar los cortes específicos según las medidas del producto, dicho cortador consta de una guillotina o porta-alambres accionado por un motor DEMAG a 1098 RPM que ejecuta el corte en el pastón para posteriormente empujar las piezas generadas a una mesa de rodillos (Figura 1.12). Dicho cortador tiene un lubricador que engrasa con ACPM la arcilla.

En esta sección de la planta se ubica la mesa de rodillos (Figura 1.12) la cual es de fabricación propia y consta de once rodillos largos (de 2,19 m) y seis rodillos cortos (de 1,76 m) y es movida por un motor eléctrico de 440V. A esta estación también se encuentra asociada una banda transportadora de 13,5 m de largo accionada por un motor eléctrico de 2,4 HP a 1800 RPM, que traslada los “desperdicios” de recuperación hacia la extrusora para su reprocesamiento.

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.17 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de corte múltiple junto con una breve descripción de las mismas.

Tabla 1.17. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de corte múltiple.

SUB-PROCESO DE CORTE MULTIPLE	
VARIABLE CONTROLADA: Longitud de la pasta o pastón.	<i>Descripción:</i> el pastón debe ser cortado con una longitud preestablecida antes de pasar al cortador múltiple.
VARIABLE MANIPULADA: Presión de alimentación del pistón.	<i>Descripción:</i> la presión de alimentación del pistón debe mantenerse para asegurar que se haga el corte en el pastón con la longitud deseada.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.18 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de corte múltiple junto con una breve descripción de los mismos.

Tabla 1.18. Disturbios presentes en el sub-proceso de corte múltiple.

DISTURBIOS	SUB-PROCESO DE CORTE MULTIPLE
Longitud del pastón.	<i>Descripción:</i> son casos en los cuales la longitud del pastón es mayor que la deseada, pues el corte no se ha realizado a tiempo por problemas en la dinámica del proceso. Este disturbio se clasifica como crítico.
Inclinación del corte.	<i>Descripción:</i> los cortes sobre el pastón presentan cierta inclinación que generan ineficiencia en el proceso. Este disturbio se clasifica como crítico.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

Para esta parte del proceso se utiliza un esquema de control Feedforward ejecutado por un operario, que asegura la longitud requerida del pastón antes del corte múltiple y corrige la inclinación del corte en la pasta.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

Para esta estación se usa un escenario de automatización Stand Alone, que permite controlar el corte múltiple sobre la pasta.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de corte múltiple no se detallan instrumentos.

1.4.4.9. ESTACION DE REPOSO

A continuación se hace la descripción conceptual del sub-proceso de reposo llevado a cabo en la ladrillera.

DESCRIPCION DEL PROCESO

Las piezas finales se ubican en carretillas metálicas, tal como se muestra en la Figura 1.13, y se transportan por medio de un sistema de rieles a un patio de reposo donde, dependiendo del tipo de producto, se deja de uno a dos días con el fin de que el material pierda un poco de humedad y obtenga por lo tanto un poco más de dureza.

Figura 1.13. Carretillas para reposo de producto en planta 1.



Fuente: [10].

DESCRIPCIÓN PLANTA

La estación de reposo es un patio destinado para tal fin dentro de la planta de producción donde los productos finales del proceso de moldeo y corte son ubicados en transfer o carretillas metálicas (con capacidad de ½ tonelada) las cuales son estructuras metálicas con cuatro ruedas y una carrilera que sirve como guía para trasladar los transfer a dicho patio.

LISTADO DE VARIABLES CONTROLADAS Y MANIPULADAS

En la Tabla 1.19 se muestra un listado de las variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de reposo junto con una breve descripción.

Tabla 1.19. Variables controladas y manipuladas en el sub-proceso de reposo.

SUB-PROCESO DE REPOSO	
VARIABLE CONTROLADA: Dureza de las piezas finales	<i>Descripción:</i> después de ser cortadas y moldeadas, las piezas finales aun mantienen una humedad de alrededor 24%, lo cual les resta dureza.
VARIABLE MANIPULADA: Tiempo de reposo.	<i>Descripción:</i> debe controlarse el tiempo durante el cual las piezas finales son sometidas a reposo con el fin de que pierdan humedad y adquieran un poco más de dureza.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

LISTADO Y DESCRIPCIÓN DE DISTURBIOS

En la Tabla 1.20 se muestra un listado de los disturbios del sub-proceso de reposo junto con una breve descripción.

Tabla 1.20. Disturbios presentes en el sub-proceso de reposo.

DISTURBIOS	PROCESO DE REPOSO
Alta humedad del ambiente.	<i>Descripción:</i> la humedad ambiente elevada afecta la perdida de humedad de las piezas finales por lo que no adquirirían una dureza adecuada. Este disturbio se clasifica como no existente.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

ESQUEMA DE CONTROL

Para esta parte del proceso se utiliza un esquema de control a lazo abierto, que no presenta problemas notables ni muy importantes.

ESCENARIOS DE AUTOMATIZACIÓN

En este sub-proceso se usa un escenario de automatización Stand Alone, para el reposo de las piezas finales.

LISTADO DE INSTRUMENTOS

Para el sub-proceso de maduración no se detallan instrumentos.

1.5. RESUMEN CAPITULO 1

En el capítulo 2 se realizó la documentación de la etapa de Ingeniería Conceptual, Básica y Detallada requeridas en el desarrollo del diseño de la solución para el proceso de moldeo y corte en la Ladrillera La Sultana. La Ingeniería Conceptual que permitió describir, detallar y modelar el proceso de moldeo y corte de pastón con base en los modelos ISA 88.

En el capítulo 1 se presentó detalladamente los procesos genéricos que se llevan a cabo en una planta de producción de ladrillos, también se hizo una reseña histórica de la evolución de este material y el impacto que ha tenido en el desarrollo de las civilizaciones. Por otra parte, se abordó el estado económico de la industria ladrillera a nivel nacional. Posteriormente se hizo una descripción conceptual del proceso de producción presente en la ladrillera “La Sultana”.

2. DISEÑO DE INGENIERIA

Teniendo en cuenta la descripción realizada en el capítulo 1 se abordará un estudio de ingeniería conceptual, básica y detallada que permitirá proponer una solución de mejora al proceso de moldeo y corte de pastón en la ladrillera La Sultana. Para la ingeniería conceptual se utiliza la norma ISA S88 parte 1 para realizar el modelamiento del proceso, la descripción de los activos físicos y del procedimiento de control del proceso [12]. Para la ingeniería básica se presentan dos propuesta técnicas de mejora al proceso de corte de pastón. Por último se realiza la ingeniería de detalle donde se generan los diagramas de potencia, mando, lazos de cableado, lógicos, etc.

El objetivo del estudio de ingeniería es diseñar una solución en automatización que mejore el proceso de corte de pastón en la ladrillera La Sultana.

2.1. DECLARACION DEL PROBLEMA

En el proceso de moldeo y corte en la ladrillera “La Sultana” se tiene un porcentaje relativamente alto, alrededor de 17%, de material que debe reprocesarse debido a un incorrecto corte de la pasta proveniente del extrusor [13].

El sistema de corte de pastón realiza cortes con inclinación variable: a) cuando la cortadora va de arriba hacia abajo y el pastón sale con poca velocidad de la extrusora, la inclinación del corte sobre la pasta es aceptable, b) la inclinación del corte es notable cuando la cortadora va de abajo hacia arriba y el pastón sale de la extrusora a una velocidad mayor de la normal.

Se ha evidenciado que el problema de la inclinación del corte en el pastón se debe a factores tales como: velocidad variable de empuje del pastón en la extrusora, fuerza de empuje de la cortadora por el pistón y densidad del pastón [13]. En la Tabla 2.21 se expone el problema, a quienes afecta, la causa y los beneficios de una solución.

Tabla 2.21. Exposición del problema caso de estudio en la ladrillera “La Sultana”.

Elemento	Descripción
Problema: corte de pastón	Reprocesamiento de alrededor del 17% de material ya procesado (desperdicios de recuperación), evidenciando falta de eficiencia en el proceso, lo cual provoca aumento en el costo de producción.
Afectados	- Ladrillera la Sultana - Operarios
Causa del problema	Corte con inclinación variable (no perpendicular) en la pasta de arcilla que sale de la boquilla de la extrusora.
Beneficio de la solución	- Disminución en el porcentaje de material reprocesado. - Disminución de costos de producción. - Optimización del proceso.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

En conjunto con la ladrillera “La Sultana” se determinó experimentalmente que realizando un corte perpendicular sobre el pastón empujado por la extrusora (en la estación de corte) y ajustando ciertos parámetros del cortador múltiple (en la siguiente estación de corte múltiple) se logra una reducción de alrededor del 11% del material que debe reprocesarse actualmente. Lo anterior fue verificado en proceso por parte del personal de la planta, por lo cual si se consigue mejorar el corte sobre el pastón se reduciría el porcentaje de material reprocesado a un 6%.

2.2. REQUERIMIENTOS DEL CLIENTE

La ladrillera la Sultana en calidad de cliente de la presente propuesta de mejoramiento presenta los requerimientos expuestos a continuación:

- Optimización del sistema de corte de pastón.
- Mayor perpendicularidad en el corte efectuado sobre el pastón.
- Disminuir el reprocesamiento de material ya procesado alrededor de 6%.

2.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Disminuir el porcentaje de material reprocesado a un 6% aproximadamente.
- Mejoramiento del sistema de corte de pastón.

2.4. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados del proyecto están determinados por el alcance del objetivo central del proyecto, disminuir el porcentaje de material reprocesado, a través del mejoramiento del sistema de corte de pastón. Se espera que con la solución propuesta se consiga:

- Una disminución del porcentaje de material reprocesado que se encuentre alrededor del 6%.
- Una mejora del sistema de corte de pastón.
- Optimización del proceso a través de la automatización del mismo.
- Una normalización del proceso de moldeo y corte de pastón.
- Un aumento en la eficiencia del proceso.
- Disminución de los costos de producción.

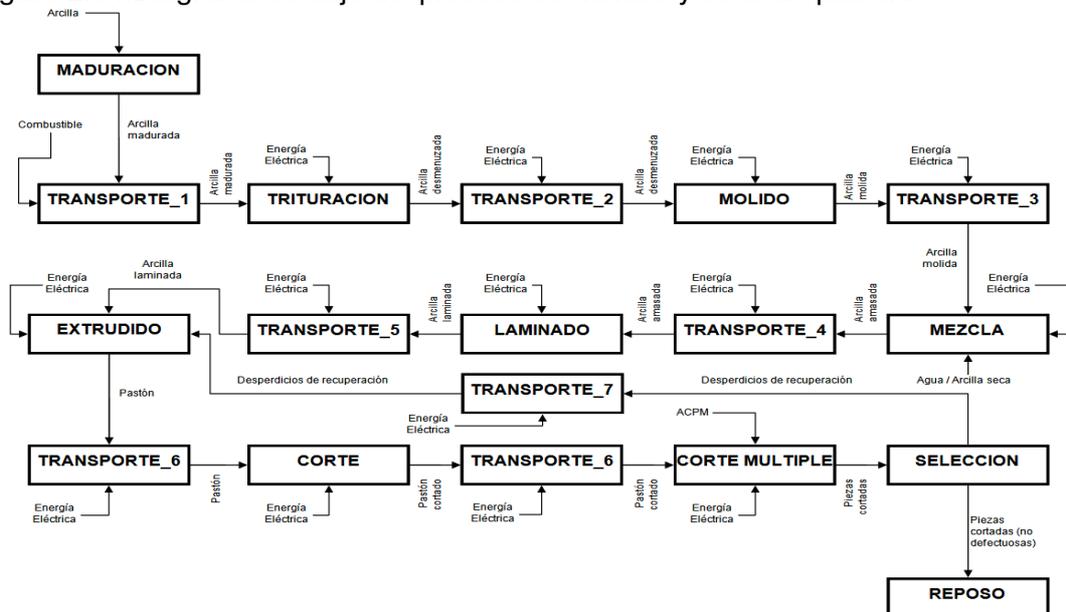
2.5. INGENIERIA CONCEPTUAL

En esta se tiene en cuenta los requerimientos del cliente, los objetivos del proyecto, se establece el marco de normas técnicas para la realización de los estudios y se hace una descripción del proceso.

2.5.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

La Figura 2.14 muestra el diagrama de flujo general de todo el proceso de Moldeo y Corte de Pastón en la ladrillera “La Sultana”.

Figura 2.14. Diagrama de flujo del proceso de moldeo y corte de pastón.



Fuente: Propia. Abril de 2013.

El proceso empieza con la etapa de maduración, en la cual la arcilla extraída de la cantera es apilada en una zona al aire libre durante aproximadamente seis meses. Posteriormente, la arcilla ya madurada es transportada por un buldócer a un cajón alimentador que dosifica la cantidad de arcilla que es entregada al proceso y mediante una banda de transporte 1 pasa a la estación de molido donde la arcilla madurada es

triturada. Una banda de transporte 2 pasa la arcilla molida a la estación de mezcla, donde se le adiciona agua hasta alcanzar una humedad del 24%, para después pasar a la estación de laminado por medio de la banda de transporte 3, donde la arcilla amasada se somete a un aplastamiento y aplanchado. La banda de transporte 4 lleva la arcilla laminada al extrusor que la comprime y empuja hacia una boquilla dando a la arcilla la forma del producto deseado; dicha pasta es empujada hacia el sistema de corte, el cual corta en secciones de longitud preestablecidas para que en la ante penúltima etapa se realicen los cortes específicos según las medidas del producto.

Una vez cortado se pasa a la estación de selección donde se separan las piezas defectuosas y son enviadas mediante banda de transporte al extrusor, mientras los productos terminados se conducen en carretillas a la estación de reposo para que pierdan humedad.

2.5.2. MODELAMIENTO ISA 88

ISA S88 puede ser aplicada en procesos completamente automatizados, semi-automatizados e incluso en procesos de producción completamente manuales [14]. Se realizaron tres modelos: de proceso, físico y de control procedimental del proceso de moldeo y corte de pastón.

2.5.2.1. MODELO DE PROCESO

La Tabla 2.22 presenta el Modelo de Proceso para el proceso de moldeo y corte de pastón en la ladrillera “La Sultana”. En dicho modelo se describen siete etapas con sus respectivas Operaciones y Acciones de proceso.

Tabla 2.22. Relación entre etapas, operaciones y acciones del proceso.

PROCESO DE MOLDEO Y CORTE DE PASTON		
ETAPAS DEL PROCESO	OPERACIONES DE PROCESO	ACCIONES DE PROCESO
Madurado	Acopio de arcilla	Ubicación en zona de reposo para arcilla.
		Descarga de arcilla en la zona de reposo.
		Reposo en acopio de arcilla por seis meses.
		Transporte de arcilla por medio de Buldózer a cajón dosificador.
Triturado	Dosificación	Cargar con arcilla el cajón dosificador.
		Alimentación del proceso con arcilla dosificada.
		Transporte por banda transportadora de arcilla desmenuzada al molino rompe-terrones.
	Molido	Cargar con arcilla desmenuzada el molino rompe-terrones
		Molido de arcilla desmenuzada.
		Transporte por banda transportadora de arcilla molida al mezclador o amasador.
Homogenizado	Mezclado	Cargar con arcilla molida el mezclador o amasador.
		Adicionar agua o arcilla seca (según convenga) para alcanzar 24% de humedad.
		Mezclado y amasado de arcilla molida.
	Laminado	Transporte por banda transportadora de arcilla amasada al laminador refinador.
		Cargar con arcilla amasada el laminador refinador.
		Aplastamiento y planchado de arcilla amasada para conseguir un correcto laminado.
Moldeado	Extrudido	Transporte por banda transportadora de arcilla laminada a la extrusora.
		Cargar con arcilla laminada la extrusora.
		Extrudido de arcilla laminada para formar el pastón.
		Transporte por banda transportadora de pastón hacia la maquina corta pastón.
	Cortado	Activación de sensor para corte de pastón.
		Realización del corte de pastón de acuerdo a la medida longitudinal preestablecida.
		Transporte por banda transportadora del pastón cortado hacia el cortador múltiple.
		Lubricación del pastón cortado con ACPM.
Cortado	Cortado múltiple	Ubicación del pastón cortado en la bandeja del cortador.
		División de pastón en múltiples partes por parte del cortador múltiple.
		Traslado de las piezas cortadas a la mesa de rodillos.
		Extracción de producto defectuoso o “desperdicios” de recuperación.
Seleccionado	Separación	

		Transporte por banda transportadora de los desperdicios de recuperación a la extrusora.
		Traslado de piezas finales a las carretillas.
Reposado	Apiñado	Ubicación en carretillas de piezas finales.
		Transporte por medio de sistema de rieles de las carretillas cargadas con el producto al patio de reposo.
		Reposo de producto por dos días máximo para disminuir la humedad y obtener más dureza.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

2.5.2.2. MODELO FISICO

El Modelo Físico para el proceso de moldeo y corte de pastón consta de una única célula de proceso, denominada “Línea moldeo y corte de pastón” la cual consta de diez unidades con sus respectivos equipos y módulo de control asociados. En la Tabla 2.23 se relacionan las unidades con sus módulos de equipo y de control.

Tabla 2.23. Relación entre unidades, módulos de proceso y módulos de control de la línea de moldeo y corte de pastón.

LÍNEA MOLDEO Y CORTE DE PASTON		
UNIDAD	MODULO DE EQUIPO	MODULO DE CONTROL
Minas y Lechos	Zona de reposo para arcilla	Sensor: humano
		Controlador: humano
	Buldócer	Actuador: humano
		Sensor: humano
Trituración	Cajón dosificador	Controlador: humano
		Actuador: Motor de la cadena dosificadora
	Banda transportadora_1	Sensor: humano
		Controlador: humano
Molido	Molino rompe-terrones	Actuador: motor de las masas cilíndricas.
		Sensor: humano
	Banda transportadora_2	Controlador: humano
		Actuador: motor de la banda_2
Mezcla	Mezclador o amasador	Sensor: humano
		Controlador: humano
	Banda transportadora_3	Actuador 1: Motor de aletas
		Actuador 2: llave de paso de agua
Laminado	Laminador refinador	Sensor: humano
		Controlador: humano
	Banda transportadora_4	Actuador: Motores de los cilindros rotatorios.
		Sensor: humano
Extrudido	Extrusora	Controlador: humano
		Actuador 1: motor de sistema de caracoles
	Banda transportadora_5	Actuador 2: bomba de vacío
		Sensor: humano
Corte	Corta pastón	Controlador: humano
		Actuador: motor de la banda_5
	Banda transportadora_5	Sensor: Sensor de presencia, sensores de fin de carrera
		Controlador: PLC Logo
Corte Múltiple	Lubricador	Actuador: cortador, pistón.
		Sensor: humano
	Cortador múltiple	Controlador: humano
		Actuador: llave de paso de ACPM
Selección	Mesa de rodillos	Sensor: humano
		Actuador: Guillotina

		Controlador: humano
		Actuador: motor para rodillos
	Banda transportadora_6	Sensor: humano
		Controlador: humano
		Actuador: motor de la banda_6
Reposo	Carretilla	Sensor: humano
		Controlador: humano
		Actuador: humano

Fuente: Propia. Abril de 2013.

2.5.2.3. MODELO DE CONTROL PROCEDIMENTAL

Como el procedimiento es el nivel más alto en la jerarquía del Modelo de Control Procedimental y define la estrategia para obtener lotes de productos, se ha definido como procedimiento “moldear y cortar pastón”.

La Tabla 2.24 define siete procedimientos de unidad los cuales son necesarios para moldear y cortar el pastón, también define las operaciones que integran cada procedimiento unidad con sus respectivas fases.

Tabla 2.24. Relación entre procedimientos de unidad, operaciones y fases del procedimiento “moldear y cortar de pastón”.

MOLDEAR Y CORTAR PASTON			
PROCEDIMIENTO DE UNIDAD	OPERACIÓN	FASE	
Madurar	Acopiar arcilla	Separar espacio para la arcilla en zona de reposo.	
		Registrar llegada de arcilla.	
		Enviar orden para descargar arcilla entrante.	
		Descargar arcilla en zona de reposo.	
		Reposar arcilla por seis meses.	
		Elegir arcilla madurada.	
		Enviar orden de transporte de arcilla a proceso.	
		Transportar arcilla madurada al cajón dosificador.	
Triturar	Desmenuzar	Inicializar cajón dosificador y banda transportadora 1.	
		Cargar arcilla al cajón dosificador.	
		Desmenuzar arcilla.	
		Cargar banda transportadora 1 con arcilla desmenuzada.	
			Transportar la arcilla desmenuzada al molino rompe-terrones.
	Moler	Inicializar el molino rompe-terrones y banda transportadora 2.	
		Cargar con arcilla desmenuzada el molino rompe-terrones.	
		Moler arcilla desmenuzada.	
Cargar banda transportadora 2 con arcilla molida.			
		Transportar arcilla molida al mezclador o amasador.	
Homogenizar	Mezclar	Inicializar el mezclador amasador y la banda transportadora 3.	
		Cargar con arcilla molida el mezclador o amasador.	
		Analizar humedad de la arcilla molida.	
		Adicionar agua o arcilla seca.	
		Mezclar y amasar la arcilla molida.	
			Cargar banda transportadora 3 con arcilla amasada.
			Transportar la arcilla amasada al laminador refinador.
	Laminar	Inicializar el laminador refinador y la banda transportadora 4.	
		Cargar con arcilla amasada el laminador refinador.	
		Aplastar y planchar la arcilla amasada.	
Cargar banda transportadora 4 con arcilla laminada.			
		Transportar la arcilla laminada a la extrusora.	
Moldear	Extrudir	Poner boquilla a la extrusora para dar forma al pastón.	
		Inicializar la extrusora y la banda transportadora 5.	
		Cargar con arcilla laminada la extrusora.	
		Extrudir la arcilla laminada.	
		Cargar banda transportadora 5 con el pastón.	
		Transportar pastón hacia la maquina corta pastón.	

	Cortar	Activar el sensor para corte de pastón.
		Enviar señal de activación al corta pastón.
		Activar el pistón del corta pastón.
		Realizar el corte de pastón.
		Transportar el pastón cortado hacia el cortador múltiple.
Cortar	Corte múltiple	Lubricar el pastón cortado con acpm.
		Empujar la guillotina o porta alambre.
		Corte para dividir el pastón en múltiples partes.
		Trasladar piezas cortadas a la mesa de rodillos.
Seleccionar	Separar	Inicializar banda transportadora 6.
		Extraer material sobrante que queda a ambos lados del pastón cortado (desperdicios de recuperación).
		Extraer productos defectuosos (desperdicios de recuperación).
		Cargar banda transportadora 6 con desperdicios de recuperación.
		Transportar desperdicios de recuperación a la extrusora.
		Trasladar piezas finales a las carretillas.
Reposar	Apiñar	Ubicar en carretillas piezas finales.
		Transportar las carretillas cargadas al patio de reposo.
		Reposar producto por dos días máximo.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

2.5.2.4. ANÁLISIS DE LOS MODELOS

El Modelo de Proceso para el proceso de moldeo y corte de pastón en la ladrillera “La Sultana” mostrado en la Tabla 2.22 expone siete etapas de proceso definidas a las cuales se asocian operaciones y acciones de proceso en su respectivo orden. Se puede observar que este proceso industrial es una secuencia de actividades físicas y químicas para convertir arcilla en ladrillos, transportarlos y almacenarlos. Este proceso de transformación puede clasificarse como *Batch* (aunque contiene ciertas características de procesos continuos), porque la salida del proceso es una cantidad finita de ladrillo, ya que cierta cantidad de material de entrada es sometida a un orden definido de acciones de proceso en cada equipo.

Por otra parte, el Modelo Físico para el proceso de moldeo y corte de pastón en la ladrillera “La Sultana” mostrado en la Tabla 2.23 describe los activos físicos de la planta de producción la cual consta de una única célula de proceso, denominada “Línea moldeo y corte de pastón”, dicha célula de proceso contiene diez unidades que tienen asociados sus respectivos equipos y módulos de control. Se puede apreciar que en la “Línea de moldeo y corte de pastón” el control es ejecutado por los operarios (en la mayoría de los casos) por lo cual el proceso puede clasificarse como semi-automatizado. Además, esta célula de proceso puede ser clasificada como multi-producto, pues produce diversos productos variando los parámetros del proceso. Por otro lado, la célula de proceso tiene una estructura física de trayectoria única, pues el material pasa secuencialmente de una unidad a la otra.

Por último, en el Modelo de Control Procedimental mostrado en la Tabla 2.24 se exponen las acciones orientadas al equipo de tal forma que tengan lugar en una secuencia ordenada para llevar a cabo una tarea orientada a proceso. En dicho modelo se define como procedimiento “moldear y cortar pastón” el cual está compuesto por siete procedimientos de unidad, con sus respectivas operaciones y fases.

Observando los Modelos de Proceso y de Control Procedimental se puede evidenciar que en la etapa de proceso “seleccionado” una acción de proceso es extraer los productos defectuosos o “desperdicios” de recuperación y en el procedimiento de unidad “seleccionar” una de las fases es extraer material sobrante que queda a ambos lados del pastón cortado (desperdicios de recuperación). Esto indica que además de que se presentan productos defectuosos como en cualquier proceso industrial, también se presentan “desperdicios” o material sobrante que debe ser reprocesado, pues al realizarse el corte múltiple del pastón a ambos lados sobra material que no califica como producto. Alrededor del 17% de material procesado debe volverse a

reprocesar debido en gran parte a los “desperdicios” que quedan al cortar el pastón en múltiples partes. Como ya se expuso anteriormente, el problema de reprocesamiento de material se debe a un a un incorrecto corte de la pasta proveniente del extrusor, por tal motivo es conveniente optimizar el sistema de corte de pastón para disminuir el porcentaje de reprocesamiento de material y así aumentar la eficiencia del proceso disminuyendo los costos de producción.

2.6. INGENIERÍA BÁSICA

La ingeniería básica para el proceso de moldeo y corte de pastón está enfocada en dos propuestas de solución planteadas para el problema de reprocesamiento de material declarado en el numeral 2.1. Teniendo en cuenta que el problema de reprocesamiento de material en el proceso de moldeo y corte de pastón es generado por el corte con inclinación variable (no perpendicular) realizado en la pasta de arcilla que sale de la boquilla de la extrusora, se debe orientar la propuesta de solución técnica en la mejora de la calidad del corte sobre el pastón.

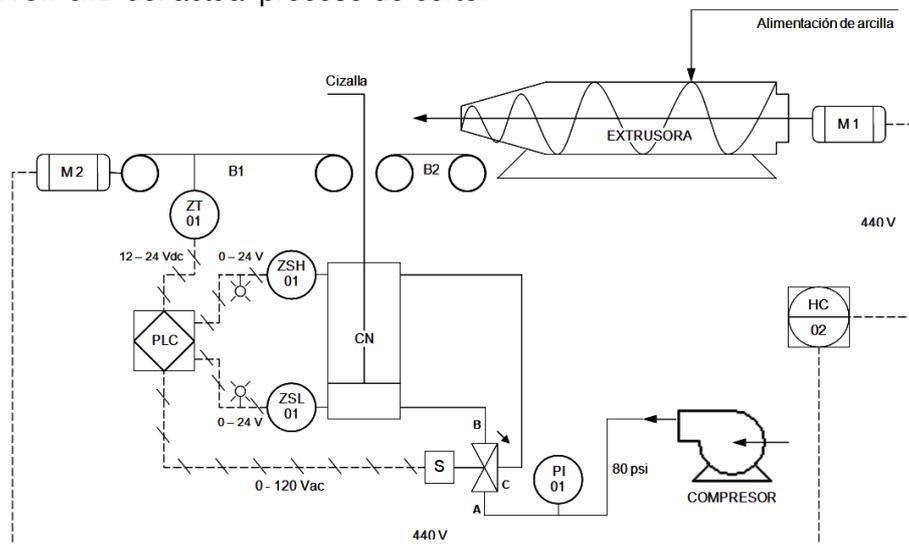
2.6.1. OBJETIVOS DE LA INGENIERÍA BÁSICA

- Presentar una propuesta técnica de solución al problema de reprocesamiento de material detectado en el proceso de moldeo y corte de pastón en la Ladrillera “La Sultana”.
- Presentar un P&ID preliminar que permita hacer una aproximación de la solución planteada.

2.6.2. P&ID DEL PROCESO DE CORTE DE PASTÓN ACTUAL

La Figura 2.15 presenta el P&ID del actual proceso de corte en la ladrillera “La Sultana”.

Figura 2.15. P&ID del actual proceso de corte.



Fuente: Propia. Abril de 2013.

Los elementos de control e instrumentación mostrados en la Figura 2.15 están representados por la nomenclatura propuesta por la norma ISA S5.1. La respectiva descripción de etiquetas del P&ID aparece en la Tabla 2.25.

Tabla 2.25. Nomenclatura del P&ID del actual proceso de corte.

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
M1	Motor de la banda transportadora 1
M2	Motor de la banda transportadora 2
B1	Banda Transportadora 1 Trayecto: Extrusora – Cortador múltiple
B2	Banda Transportadora 2 Trayecto: Extrusora – corta pastón

ZT	Transmisor de posición
PLC	Controlador de la cortadora de pastón
ZSH	Sensor de fin de carrera accionado cuando el vástago está arriba.
ZSL	Sensor de fin de carrera accionado cuando el vástago está abajo.
PI	Indicador de presión
HC	Control manual
CN	Cilindro neumático

Fuente: Propia. Abril de 2013.

El proceso inicia cuando se enciende el compresor, se debe esperar a que el manómetro llegue a 80 psi; posteriormente se pone en marcha el motor M2 de la banda transportadora B1 y se enciende la extrusora desde la consola de control. Al alimentar la extrusora con arcilla laminada se inicia el proceso de extrusión y el pastón sale por la boquilla de la misma. Al alcanzar el pastón cierta longitud el sensor fotoeléctrico (ZT) ubicado en la banda transportadora B1 lo detecta y envía una señal de detección al PLC el cual activa el paso de aire de la electroválvula (normalmente abierta de B a C) como se describe a continuación:

- Si ZSL está activo se activa el paso de aire de la electroválvula desde el punto A hasta el punto B. El vástago de CN sube haciendo un corte en el pastón de abajo hacia arriba y a la vez activando ZSH, el cual envía la señal de activación al PLC que a su vez envía una señal a la electroválvulas de activar el paso desde el punto B al C.
- Si ZSH activo se activa el paso de aire de la electroválvula desde el punto A al punto C el vástago de CN baja haciendo un corte en el pastón de arriba hacia abajo y a la vez activando ZSL, el cual envía la señal de activación al PLC, que a su vez envía una señal a la electroválvula de activar el paso desde el punto B al C.

2.6.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 1

A continuación se presenta la propuesta de solución técnica 1 para el problema de procesamiento de material en el proceso de moldeo y corte de pastón.

2.6.3.1. APROXIMACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA 1

Para mejorar la calidad del corte del pastón se propone, como solución, regular la velocidad con la que la extrusora empuja la pasta hacia la cortadora. Esto puede conseguirse si se controla de una forma más efectiva la cantidad de arcilla laminada con la que es alimentada la extrusora, pues si la extrusora es alimentada demasiado rápido o con mucha cantidad de arcilla, la pasta es empujada más rápidamente de la boquilla del extrusor y debido a este factor el corte es realizado con una elevada inclinación; por el contrario, si se dosifica la alimentación del extrusor, regulando la cantidad de arcilla laminada que ingresa, se podría reducir la velocidad con la que es empujado el pastón y hacerla más estable, con lo cual los cortes se harían más perpendiculares, como se ha observado en algunas ocasiones cuando el pastón mantiene una velocidad estable, con la cual los cortes se hacen con poca inclinación.

Se propone implementar un sistema que regule y asegure una alimentación de arcilla constante para el extrusor, tal como un control de flujo de alimentación de arcilla, que constaría de un controlador de velocidad de la banda de transporte que alimenta al extrusor, que recibe el *set point* de flujo de arcilla calculado a partir de la velocidad de salida del pastón deseada por una función de computo (en el PLC). En la banda alimentadora estaría instalada una celda de carga que registraría el peso de la arcilla y enviaría esta información al controlador el cual calcularía el flujo de arcilla entrante al extrusor y lo compararía con el *set point* de flujo de arcilla para tomar las acciones correctivas variando la velocidad de la banda alimentadora mediante un variador de frecuencia, con lo cual se manipularía el flujo de arcilla de alimentación al extrusor

hasta llevarlo al valor deseado, asegurando la estabilidad de la velocidad de salida del pastón que sale de la boquilla del extrusor.

Además, se propone aumentar la presión de aire que acciona el pistón cuando la cortadora va de abajo hacia arriba, esto con el fin de darle más fuerza a la cortadora para poder vencer el peso propio, la fuerza de gravedad y la resistencia al corte del pastón y de esta manera facilitar un corte mas perpendicular.

2.6.3.2. DISEÑO DE ARQUITECTURA DE LA PROPUESTA 1

La tecnología que se pretende implementar consta del siguiente tipo de control:

- Control de flujo de alimentación de arcilla al extrusor. El cual se haría manipulando la velocidad de la banda de transporte de arcilla que alimenta al extrusor.
- Aumento de la presión de aire que alimenta el pistón cuando la cortadora va de abajo hacia arriba.
- Control de electroválvulas para realizar corte vertical. Ejecución de movimiento en eje Y.

HARDWARE NECESARIO:

- Controlador Lógico Programable PLC.
- Adaptaciones mecánicas.
- Sensor de velocidad. Encoder.
- Indicador de velocidad.
- Sensor de peso. Celda de carga.
- Controlador de velocidad para el motor de la banda transportadora. Variador de frecuencia.

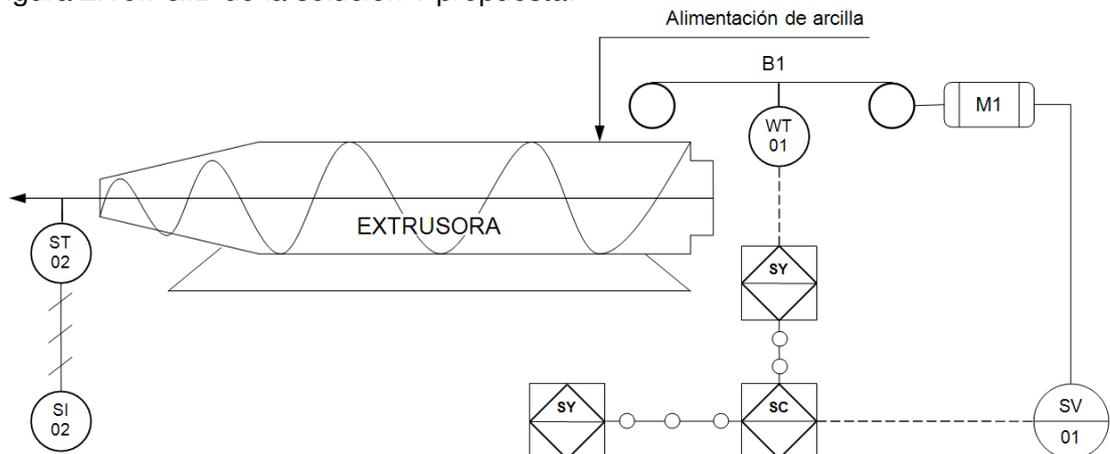
SOFTWARE NECESARIO:

- Software de programación PLC.
- Software de diseño (P&ID).

2.6.3.3. P&ID DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN 1

La Figura 2.16 muestra el P&ID de la propuesta de solución 1 para el proceso de corte en la ladrillera “La Sultana”.

Figura 2.16.P&ID de la solución 1 propuesta.



Fuente: Propia. Abril de 2013.

Los elementos de control e instrumentación mostrados en la Figura 2.16 están representados por la nomenclatura propuesta por la norma ISA S5.1. La respectiva descripción de etiquetas del P&ID aparece en la Tabla 2.26.

Tabla 2.26. Nomenclatura del P&ID de la propuesta de solución 1.

NOMENCLATURA	DESCRIPCION
M1	Motor de la banda transportadora
B1	Banda Transportadora de alimentación de arcilla Trayecto: Laminador refinador – Extrusora
SV	Variador de velocidad
SY	Función de cálculo (relación de velocidad de pastón y flujo de arcilla)
SY	Función de cálculo (relación de peso medido y flujo de arcilla)
SC	Control de velocidad de la banda de transporte
ST	Transmisor de velocidad
SI	Indicador de velocidad
WT	Transmisor de peso

Fuente: Propia. Abril de 2013.

En el P&ID de la Figura 2.16 se muestra un elemento primario de velocidad (ST) el cual mide la velocidad de salida del pastón y la transmite a un indicador de velocidad (SI) para que el usuario pueda verificar en todo momento la velocidad de salida del pastón. Se muestra también un elemento transmisor de peso (WT) instalado en la banda el cual envía la información de peso de arcilla medido a la función de conversión de peso a flujo (SY) la cual a su vez envía el flujo de arcilla medido al controlador de velocidad (SC) que compara el flujo de arcilla entrante al extrusor con el flujo deseado, el cual es calculado por una función de cálculo (SY) en el PLC teniendo en cuenta la velocidad ideal de salida del pastón. El controlador de velocidad (SC) envía una señal al variador de frecuencia (SV) para aumentar o disminuir la frecuencia de alimentación del motor (M1) y así variar la velocidad de la banda transportadora (B1) y de esta manera regular la alimentación de arcilla al extrusor, que a su vez modifica la velocidad de salida del pastón, pues si se alimenta rápidamente el extrusor la velocidad de salida del pastón aumenta y viceversa.

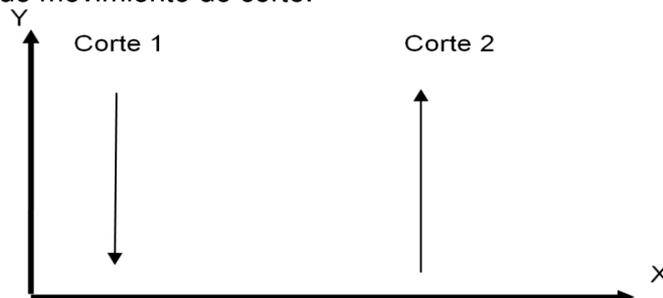
2.6.4. PROPUESTA DE SOLUCION 2

A continuación se presenta la segunda propuesta de solución técnica para el problema de reprocesamiento de material en el proceso de moldeo y corte de pastón.

2.6.4.1. APROXIMACIÓN TÉCNICA DE LA PROPUESTA 2

El corte se realiza mediante una cuchilla tipo cizalla, la cual realiza movimientos en el eje Y de traslación. El movimiento es generado por medio de presión de aire (100 PSI) a través de electroválvulas comandadas por un PLC. Las electroválvulas son de doble efecto. Un efecto genera un movimiento de corte, el segundo efecto genera el movimiento contrario para otro movimiento de corte. El corte se hace en dos movimientos de la válvula para aprovechar las dos posiciones de la cuchilla y mejorar los tiempos de proceso, en la Figura 2.17 se representa lo dicho anteriormente.

Figura 2.17. Ejes de movimiento de corte.



Fuente: Propia. Abril de 2013.

El sistema cuenta con la estructura mecánica que permite a la cuchilla realizar movimientos en el eje X de traslación. Al igual que los movimientos de la cuchilla de corte (desplazamiento vertical – eje Y), se usa un sistema neumático que cuenta con electroválvulas y presión de aire. Se dispone de una posición de inicio para la estructura movable, el cilindro de la electroválvula está en posición horizontal, de tal manera que al generar presión se produzca la eyección del cilindro moviendo la estructura hacia adelante, de la misma manera la interrupción de la presión retraerá el cilindro y devolverá la estructura a su posición cero.

La solución se divide en dos secciones, estructuradas y clasificadas de acuerdo al sentido del movimiento (X, Y).

Movimiento Vertical: el movimiento no presenta grandes problemas, se debe realizar mantenimiento de la parte mecánica. De ser necesario se requiere el cambio del sistema mecánico de las electroválvulas.

Movimiento Horizontal: Actualmente el sistema de movimiento horizontal está deshabilitado debido a mal funcionamiento y errores en el módulo de control de corte, todo el módulo de electroválvulas esta desmontado solo se cuenta con la estructura mecánica. De esta manera, se propone una solución que aproveche la estructura física montada actualmente en la máquina. La solución contempla la sustitución de la filosofía de control y se pretende sustituir el sistema neumático por un sistema electro-mecánico.

El sistema tendrá como estructura base un servo motor que genere el movimiento horizontal requerido a través de la transmisión de movimiento por medio de la rotación de su eje. La transmisión del movimiento será realizada por medio de un tornillo sin fin que transforme el movimiento rotacional del eje del servomotor en un movimiento lineal y bidireccional. El servomotor es movido por el servoamplificador que recibe señales de pulsos de alta frecuencia desde el PLC y las transforma en movimiento a través del servo motor. Estas señales de pulsos de alta frecuencia son enviadas a través de salidas rápidas del controlador PLC.

Las dos direcciones están regidas por la posición de la estructura.

- **Posición 0:** Posición inicial, estado base de posicionamiento. De acuerdo a esta posición pre definido se realiza el movimiento horizontal y se fijan las distancias a recorrer, este punto “cero” es la referencia de posición a lo largo del eje horizontal.
- **Posición de acompañamiento:** movimiento de acompañamiento. Debe ser configurable tanto en distancia como en velocidad de acompañamiento.

El sistema permitirá la sincronización de la velocidad de corte con la velocidad de salida del material (pastón), el cual depende de la etapa de extrusión (Unidad de Moldeo). El diseño debe ser desarrollado de manera que se aproveche al máximo la estructura mecánica de la máquina.

Control de Corte: se pretende realizar un control de velocidad. Mediante la acción de un variador de frecuencia que regule la velocidad de la banda de salida de acuerdo a la velocidad de salida del material. El variador regula la velocidad del motor que genera el movimiento de la banda de salida de material mediante un control PID. El controlador a través de la realimentación de la velocidad de salida del material variara la frecuencia de movimiento del motor y regulara la velocidad de la banda, de esta manera se mantendrá el sincronismo y el material no se acumulará.

Configuración del Sistema: De acuerdo al levantamiento de información y el análisis del problema, se determina que la velocidad de salida del pastón no es constante y por el contrario presenta variaciones frecuentes que hacen que el control de movimiento

en el eje X sea susceptible a errores. Este tipo de variables son, por su naturaleza, difícilmente medibles, lo que implica la necesidad de generar parámetros de configuración adicional, que permitan el control de este tipo de variaciones y reduzcan el porcentaje de error. Por esta razón el sistema debe brindar la opción al operario de sintonizar y configurar estos parámetros de tal manera que cada cambio realizado se vea reflejado en el corte realizado por el sistema.

Para el ingreso y visualización de los parámetros de control se propone la instalación y configuración de una interfaz hombre máquina HMI que facilite la operación del sistema.

Control de Productos: Otro factor que afecta directamente la velocidad de salida del pastón está relacionado con el tipo de producto procesado en el Batch de producción, cada producto maneja tamaños, insumos, y en general características diferentes que afectan el proceso de producción y específicamente la etapa de moldeo y extrusión. Según el tipo de producto, los parámetros de configuración deben ser modificados, ya sea de forma automática o manual. Mediante la HMI se dispondrá la opción de configuración de parámetros asociado al tipo de producto a procesar.

2.6.4.2. DISEÑO DE ARQUITECTURA DE LA PROPUESTA 2

La tecnología que se pretende implementar consta del siguiente tipo de control:

- Control de apertura y cierre de electroválvulas para realizar corte vertical. Ejecución de movimiento en el eje Y. Estos cilindros presentan dos entradas de aire comprimido, que hacen que el émbolo pueda ser empujado por el aire en los dos sentidos (avance y retroceso).
- Control mediante Sistema servomotor, para el control del movimiento en el eje X. Mediante este control se pretende sincronizar la velocidad de salida de material con el movimiento horizontal generado en la estructura mecánica de la cortadora de pastón.
- Control de velocidad banda transportadora, recepción y transporte del pastón cortado, adaptable a la velocidad de salida del material.
- Configuración de parámetros de control.

HARDWARE NECESARIO

- Controlador Lógico Programable PLC.
- Electroválvulas de doble efecto.
- Servo Motor.
- Servo Amplificador
- Adaptaciones mecánicas.
- Sensor de velocidad, Encoder.
- Sensor de presencia.
- Sensor de Home
- Controlador de Velocidad Motor Banda. Variador de Velocidad.
- Interfaz Hombre Máquina HMI.

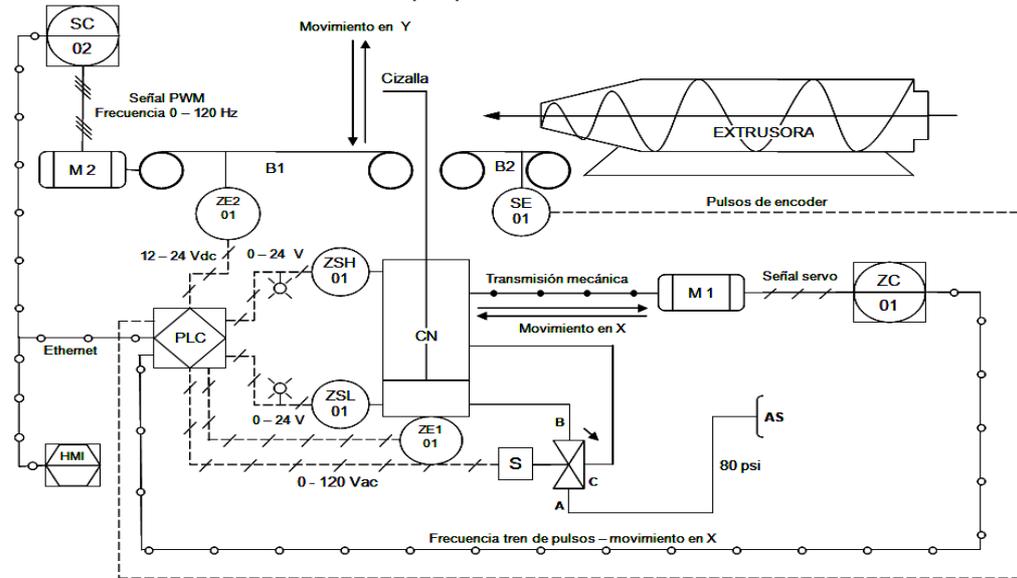
SOFTWARE NECESARIO

- Software de programación PLC Allen Bradley
- Software de Programación HMI
- Software de diseño (P&ID solución).

2.6.4.3. P&ID DE LA PROPUESTA DE SOLUCION 2

El P&ID mostrado en la Figura 2.18 muestra la estructura de la arquitectura de la solución 2 propuesta. Los elementos de control e instrumentación están representados por la nomenclatura propuesta por la norma ISA S5.1.

Figura 2.18. P&ID de la solución 2 propuesta.



Fuente: Propia. Abril de 2013.

De acuerdo al P&ID se observan dos lazos de control definidos, un lazo para el control de movimiento de la cizalla y otro para el control de velocidad de salida de material procesado. La descripción de los elementos y la nomenclatura de la solución propuesta 2 son mostradas en la Tabla 2.27.

Tabla 2.27. Nomenclatura P&ID solución 2 propuesta.

LAZO	TAG	DESCRIPCIÓN
Lazo de control de movimiento /01	ZC	Controlador de posición y velocidad. Servo amplificador
	M1	Servo Motor. Sistema de control movimiento horizontal
	SE	Encoder, sensor de velocidad.
	S	Electro Válvula Sistema de control movimiento Vertical
	ZE2	Sensor de presencia Detector de salida de pastón cortado.
	ZE1	Sensor de Home
	ZSH	Sensor Pistón abierto, Sensor confirmación por alta.
Lazo de control de velocidad /02	ZSL	Sensor Pistón cerrado, Sensor confirmación por baja.
	PLC	Controlador general de proceso.
	SC	Regulador Variador de Velocidad – Motor Banda 2
	M2	Motor Banda Transportadora 2, Banda de salida de material.
	AS	Fuente de Aire de instrumentos. Compresor.
	HMI	Interfaz Hombre Maquina Sistema de configuración monitoreo y ejecución del proceso.

Fuente: Propia. Abril de 2013.

A continuación se explica cómo se mejora la funcionalidad de la maquinaria instalada en la planta de producción La Sultana mediante el P&ID propuesto.

Funcionalidad: El usuario interactuará con el sistema a través de la interfaz hombre máquina HMI, mediante la cual se cargarán los parámetros de proceso, se configurará la velocidad y el ángulo de corte, además de visualizar datos de producción y eventos del proceso. Mediante el controlador PLC se ejecutará y controlará el proceso de corte de pastón.

LAZO DE CONTROL DE MOVIMIENTO

Movimiento Vertical de Corte: mediante el sensor ZE2 (sensor inductivo) se detecta materia prima (pastón) en posición de corte, la ubicación física del sensor permite la calibración de la longitud del pastón que será obtenida. El controlador PLC recibe la señal discreta de ZE2 y energiza la salida que activa la electroválvula de doble efecto S que genera el primer movimiento vertical. El sensor ZE2 se encarga de enviar una nueva posición de corte del material y el controlador PLC se encarga de energizar la salida para activar la electroválvula S con lo que se genera el segundo movimiento vertical de corte.

Movimiento Horizontal de Corte: El movimiento horizontal es realizado por el sistema mecánico accionado por el servo motor M1 que es controlado directamente por el controlador de posición ZC el cual recibe la consigna de velocidad desde el controlador principal PLC de acuerdo a la lectura de los pulsos del Encoder SE que registra la velocidad de la banda B1. Los parámetros de configuración de producción y las configuraciones de usuario son ingresados desde la HMI.

LAZO DE CONTROL DE VELOCIDAD

Control de Velocidad: mediante la acción del variador de frecuencia SC se regula la velocidad del motor M2 de acuerdo a la velocidad de salida del material la cual es medida por el elemento primario de control SE y registrada por el controlador PLC, este se encarga de traducir la consigna de velocidad del Encoder en una instrucción de velocidad a través de protocolo Ethernet. El variador regula la velocidad del motor.

2.6.5. SELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Una vez definidas las propuestas de soluciones, se expone el proceso de selección de la mejor para solucionar el problema de reprocesamiento de material. Posteriormente se definen los Diagramas de lazo, de potencia, de mando y el algoritmo de control que sirven como base para estructurar una propuesta técnico económica.

Las dos propuestas se presentaron a las áreas de mantenimiento, producción y gerencia de la ladrillera “La Sultana”, a cargo de los Ingenieros Oliverio Cubillos (Gerente) y Juan Carlos Guzmán (Jefe de planta). Estos realizaron una serie de observaciones y examinaron la viabilidad de cada una.

Dichas observaciones y el análisis general de las soluciones propuestas se exponen a continuación:

2.6.5.1. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 1

Esta propuesta se enfoca en regular la velocidad con la que el extrusor empuja el pastón hacia la cortadora y para ello se debe controlar efectivamente el flujo de arcilla con que se alimenta el extrusor (Ver 2.6.3). Sin embargo, el gerente y el jefe de planta de la ladrillera “La Sultana” ven en esta solución un inconveniente relacionado con la reducción de los tiempos de producción, pues al producir una variación en la velocidad de la banda que agrega la arcilla triturada en la extrusora, la velocidad de salida del pastón también se reduciría y el resto del proceso tendría que adecuarse a dicha velocidad de salida de pastón, por lo cual, según los Ingenieros, disminuiría la cantidad de producto que se fabrica por día y no se podría alcanzar las metas de producción establecidas. De esta manera esta solución queda descartada totalmente ya que el impacto en el proceso de producción es grande y afecta los volúmenes de producción en un grado mayor que el reprocesamiento de materia prima ocasionado por el problema tratado en este proyecto de automatización.

2.6.5.2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN 2

Esta propuesta se enfoca en regular la velocidad del corte en dos ejes X y Y de acuerdo a la velocidad de salida del pastón, para ello se debe controlar la velocidad de

corte en dichos ejes (Ver 2.6.4). Esta solución, según el personal de mantenimiento de “La Sultana”, no afectaría los tiempos de producción puesto que el corte se realizaría sin importar la velocidad de salida del pastón y de esta forma no se impactaría en la dinámica del resto del proceso de producción.

Del análisis de las observaciones hechas por el Gerente y el Jefe de Planta de La Ladrillera La Sultana, el consenso del equipo de trabajo determino que la solución más adecuada era la solución número dos. Pues dicha solución no afecta la dinámica del proceso y podrían mantenerse los tiempos de producción actuales y así no agregar un indicador negativo adicional por concepto de la disminución en el flujo de producción, además se aprovecharía el montaje mecánico existente en la cortadora que podría adecuarse para implementar esta solución.

2.6.6. COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN SELECCIONADA

Una vez desarrollada la fase de análisis del problema, diseño de la propuesta de solución a implementar y finalmente la selección de la misma, el paso a seguir es la selección de los equipos e instrumentos de control que soportan y ejecutan el diseño propuesto.

Para cumplir con los requerimientos de automatización expresados en la solución propuesta, que establece el sistema de moldeo corte de pastón, se propone un escenario de automatización basado en PLC con red de bus de campo, conexión eléctrica de entradas y salidas, control a través de pulsos digitales del sistema de control de movimiento y control de velocidad PID.

2.6.6.1. SELECCIÓN PLC

Esta decisión es basada por lo general en los requerimientos de entradas/salidas y funciones del controlador. La primera decisión dependerá del tipo de controlador requerido y sus características [15].

El primer filtro de selección del controlador para este caso en particular es el fabricante. Debido a que dentro de la línea de producción en la ladrillera “La Sultana” se cuenta con controladores de la marca Allen Bradley, por solicitud del cliente se requiere mantener el estándar y la normalización del proceso, apegando la arquitectura de control propuesta a la tendencia general de la industria que es la integración total de los procesos, de esta manera la elección de equipos de un mismo fabricante a nivel de Gateway y Control facilita la centralización e integración de la información. Este requerimiento es aprobado por la Gerencia y el área de Mantenimiento de la ladrillera.

DISTRIBUCIÓN DE SEÑALES

Después de valorar y ejecutar el primer filtro de selección de PLC se procede a especificar los criterios de selección técnicos asociados a la solución escogida de manera que se seleccione el más idóneo para el desarrollo. En la Tabla 2.28 se describen las señales de entrada y salida al controlador principal PLC. En ella se muestra la interacción del controlador principal con los demás elementos de control secundarios y sensores y actuadores especificados en el P&ID (Ver Figura 2.18).

Tabla 2.28. Señales de entrada y salida del PLC.

	ELEMENTO	SEÑAL	ENTRADA	SALIDA
Lazo de control de Velocidad	SC/02	Consigna de Velocidad, Banda 1	Puerto Ethernet. PLC	
	SE/01	Pulsos digitales. Encoder. Velocidad Pastón	IN0 (HSC)	
			IN1 (HSC)	
IN2 (HSC)				

Lazo de Control de Movimiento	SE/01	Pulsos digitales. Encoder. Velocidad Pastón.	IN0 (HSC)	
			IN1 (HSC)	
			IN2 (HSC)	
	ZC/01	Consigna de velocidad y posición Servo	Puerto Ethernet. PLC	
	ZE1/01	Posición de home	IN4	
	ZSH/01	Pistón abierto	IN5	
	ZSL/01	Pistón Cerrado	IN6	
	ZE2/01	Posición de corte Pastón	IN7	
	3S1	Parada de Emergencia	IN3	
S	Apertura Pistón Corte		OUT6	
	Cierre Pistón Corte		OUT7	
Visualización y Configuración	HMI	Datos	Puerto Ethernet. PLC	

Fuente: Propia. Octubre de 2013.

Los criterios de selección son especificados a continuación:

- Número de Entradas y Salidas: De acuerdo al diagrama P&ID definido en la etapa de Ingeniería Básica y la Tabla 2.28 se requieren las siguientes cantidades de entradas y salidas físicas:

8 entradas discretas, 4 salidas discretas, 3 entradas rápidas y 2 salidas rápidas.
- Comunicación: Se requiere que el controlador soporte conexión por protocolo Ethernet TCP/IP.
- Memoria: De acuerdo a la arquitectura de control se estima un bajo uso de la memoria del controlador, por esta razón no es un factor determinante en la selección. No se presupuesta una longitud de programa muy grande.
- Numero de módulos especiales requeridos: En primera instancia no se requieren módulos especiales, se debe procurar que el controlador escogido cuente con las entradas, salidas y módulos de comunicación embebidos en un solo equipo, para evitar recurrir a la adquisición de módulos especiales adicionales que representarían un incremento considerable en el costo final.

Apoyados en la herramienta software de Rockwell Automation “ArchitectureBuilder” se ejecuta el procedimiento de selección del controlador y sus componentes. La herramienta de selección permite interactuar con el catálogo de productos y diseñar la arquitectura del PLC, permitiendo escoger la solución que mejor se adapte a la solución.

Rockwell Automation ofrece una eficiente gama de herramientas de selección de productos y configuración de sistemas. Hay herramientas disponibles en línea que se pueden instalar para poder obtener acceso rápidamente a la información sobre nuestros productos[16].

El controlador seleccionado mediante la herramienta es el PLC MicroLogix 1400 1766-L32BxB el cual cuenta con las especificaciones técnicas mostradas en la Tabla 2.29.

Tabla 2.29. Descripción de Entradas, Salidas y opciones de comunicación del PLC Micrologix 1400 1766-L32BXB.

Numero Catalogo	Alimentación	Entradas/Salidas Discretas Embebidas	Entradas/Salidas Analógicas Embebidas	Comunicación
1766-L32BXB	24 VDC	<ul style="list-style-type: none"> - 12 entradas rápidas a 24V DC - 8 entradas normales a 24V DC - 6 Salidas a Relevó - 3 Salidas rápidas DC - 3 Salidas Normales DC 	Ninguna	<ul style="list-style-type: none"> 1 RS232/RS485 1 Ethernet/IP 1 RS232

Fuente: [17].

Realizando un análisis de las opciones ofrecidas por el fabricante, este controlador ofrece ventajas que lo postulan como una solución óptima y de costo aceptable. Dentro de las principales ventajas encontradas frente a otras familias están:

- **Costos:** La familia de controladores de MicroLogix presenta un costo muy favorable en el mercado en comparación con las familias de gama media y alta de Allen Bradley. Presentando una solución compacta que cumple con los requerimientos de la arquitectura solución, a un costo mucho menor. La diferencia en cuanto a costos entre familias es muy alta entre una gama y otra. Allen Bradley como marca ofrece una solución especializada enfocada en control de movimiento mediante controladores de gama alta mediante una infraestructura robusta y confiable a través de SERCOS™ y módulos especializados. Este tipo de soluciones son diseñadas para arquitecturas de múltiples ejes de movimiento, por esta razón los costos asociados a estas soluciones son elevados. Por esta razón, dentro de la etapa de diseño se tuvo en cuenta este detalle y se optó por una solución adaptada a las tecnologías analizadas y a las necesidades del proceso y del cliente.
- **Módulos de entradas/salidas.** Este controlador cumple con la cantidad y tipo de entradas/salidas requeridas, por lo que no se tiene la necesidad de adquirir módulos, ya que todos los tipos de entradas y salidas requeridos están embebidos en el mismo controlador. Esto brinda una disminución en los costos a razón de evitar la adquisición de módulos adicionales.
- **Posibilidades de Comunicación** con elementos que soporten protocolo de comunicación Ethernet. De esta manera se abre la posibilidad de escoger arquitecturas de control actuales y con un espectro más grande de selección.
- **Posibilidades de integración** con los demás sistemas de control instalados en la planta de producción y con interfaz hombre maquina instalada.

2.6.6.2 SELECCIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN

Con el escenario de automatización definido y el controlador general escogido, se tiene la estructura funcional del sistema general. El controlador es el centro de toda la arquitectura de control y brinda las pautas para las funcionalidades de los lazos de control. De esta manera la selección de los elementos de control e instrumentación se organiza de acuerdo a los lazos de control identificados como se muestra en la Tabla 2.28.

LAZO DE CONTROL DE MOVIMIENTO

El controlador del lazo de control de movimiento es el sistema Servo, compuesto por un servo amplificador, servomotor y cables de conexión. Para la selección del sistema de control de movimiento se deben tener en cuenta los siguientes factores:

El primer factor para la selección de un sistema servo es el cálculo de la potencia de trabajo del servomotor. La potencia de trabajo del servo está relacionada con la carga asociada al movimiento y la carga a su vez, puede ser rotacional o lineal. En el caso de la solución diseñada se requiere un movimiento lineal (eje X de movimiento).

El requerimiento de carga se debe convertir a la carga equivalente del eje del motor con el fin de calcular el requisito total de par para el motor [18]. De acuerdo al alcance acordado con el cliente, los cálculos y adaptaciones serán asumidos por el departamento de Mantenimiento de La Sultana. De esta manera los requerimientos de potencia propuestos por el personal de mantenimiento para el sistema servo son de 1.5 KW.

Adicionalmente, como requerimiento técnico, el sistema de control de movimiento debe tener alimentación de acuerdo a las especificaciones de potencia de la planta. La alimentación de voltaje que se cuenta en la acometida eléctrica de la línea de producción es de 220 V AC.

Siguiendo con la misma directriz de selección del controlador del sistema, el primer criterio de selección es la normalización de los sistemas de control. Por lo que la primera fuente de información son los productos ofrecidos por Rockwell Automation.

Mediante la herramienta de selección de Rockwell Automation "Architecture Builder" se analizan las opciones de productos ofrecidas para control de movimiento (Motion Control). Para la selección del sistema Servo se tienen en cuenta los siguientes criterios de selección.

- Single Axis. Un eje sencillo de rotación. La complejidad de la solución no requiere el control de múltiples ejes de control, mediante la implementación del control de un solo eje, en este caso denominado eje X, se logra cumplir con el alcance de la solución propuesta.
- Capacidad de Potencia. De acuerdo a los requerimientos se maneja una potencia nominal entre 1.5 KW y 2 KW.
- Conexión. Posibilidades de comunicación con soporte de Ethernet TCP/IP. De acuerdo con el escenario de automatización, se cuenta con una arquitectura con posibilidades de conexión por bus con protocolo Ethernet TCP/IP. La opción debe proporcionar opción de comunicación con protocolo Ethernet TCP/IP para el control y monitoreo del sistema.

De acuerdo a los criterios el sistema servo seleccionado mediante la herramienta "Architecture Builder" es el descrito a continuación:

Servo Amplificador 2097-V33PR5-LM Kinetix 350 Single Axis Ethernet/IP. De acuerdo a los requerimientos, el controlador de movimiento cuenta con las características mostradas en la Tabla 2.30.

Tabla 2.30. Características del Servo Amplificador 2097-V33PR5-LM Kinetix 350 Single Axis Ethernet/IP.

Característica	2097-V33PR5-LM
Voltaje de Entrada AC	80...264V rms three-phase (240V nom)
Corriente de entrada AC principal	
• Nom (rms) 240V input	- 8.7A
• Max inrush (0-pk) 240V input	- 2.3 A
Commandupdate rate	

• Velocityloop	500 μ s
• Position loop	500 μ s
Corriente de salida continua (rms)	8.0 A
Potencia de salida Continua. 240 V nominales	2.00 kW
Comunicación	Ethernet

Fuente: [19].

La herramienta de selección también permite asignar el motor compatible con este servoamplificador y los accesorios adicionales requeridos para conformar el Kit Servo. A continuación se describen el motor y los accesorios seleccionados:

- MPM-A1302F-SJ72AA Bulletin MPM - Medium-Inertia Servo Motors Product. Servo motor; Características: Alimentación 230 V, Velocidad nominal 3000 RPM, Encoder de alta resolución, SpeedTEC DIN Connector, 180° de Rotación (Conexión Rápida), sin freno.
- 2090-CPWM7DF-14AA04. Cable de potencia. Características: Cable SpeedTEC, Motor PowerOnly, Conector DIN SpeedTec, Cable calibre 14 AWG estándar (Non-Flex), 4 metros.
- 2090-XXNFMF-S04. Cable de Encoder. Realimentación posición servomotor.

Para finalizar con los elementos asociados al lazo de control de movimiento se hace la selección de la instrumentación definida en el P&ID.

- Sensor de Velocidad. Para la detección de la velocidad de extrusión de pastón. El sensor estimado es un Encoder incremental estándar marca Autonics. De acuerdo a las cotizaciones en el mercado, reúne las características necesarias requeridas por la solución y el costo de adquisición asociado es el más ventajoso. Las características generales del Encoder incremental Autonics son descritas en la Tabla 2.31.

Tabla 2.31. Características generales del Encoder incremental Autonics.

Característica	E50S Series. E50S-8-8000-3-N-24
Alimentación	12-24 VDC
	Configurable para medir Angulo, posición, revolución, velocidad aceleración y distancia.
Pulsos por revolución	8000
Fases de salida	<ul style="list-style-type: none"> • 2: A, B • 3: A,B, Z • 4: A, -A, B, -B • 6: A, -A, B, -B, Z, -Z
Salida/Tiempo de respuesta	T: Totem pole output/1 μ s N: Salida a colector abierto NPN/1 μ s V: Salida de voltaje/1 μ s L: Salida Line Driver/ 0.5 μ s

Fuente: [20].

- Sensor de Home. Para el sensor que detecta la posición de home en el eje X de movimiento se requiere un sensor inductivo estándar. En el mercado de sensores y específicamente sensores de proximidad el líder es la marca Festo, el cual brinda confiabilidad, respaldo y costos aceptables. De esta manera el sensor de proximidad seleccionado es el detector de proximidad SIEF-M8NB-PS-K-L, alimentación 10 a 30 VDC, lógica PNP.

Adicional a los elementos por dimensionar dentro del lazo de control de movimiento, en la línea de producción existen elementos funcionales que serán utilizados dentro de la solución propuesta y que están dentro del P&ID propuesto, a continuación se

mencionan los instrumentos y elementos instalados en campo y usados dentro de la solución del lazo de control de movimiento.

- Sensor de presencia pastón. Sensor fotoeléctrico a 24 V DC.
- Sensor fin de carrera por alto Pistón neumático. Sensor de confirmación de apertura del pistón neumático, confirmación del movimiento de corte en Y. Alimentación 24 VDC. Conexión a 3 hilos.
- Sensor fin de carrera por bajo Pistón neumático. Sensor de confirmación de cierre del pistón neumático, confirmación del movimiento de corte en Y. Alimentación 24 VDC. Conexión a 3 hilos.
- Electroválvula de mando del pistón neumático. Electroválvula para ejecutar el movimiento en dos direcciones en el eje Y. Alimentación a 220 VAC.

LAZO DE CONTROL DE VELOCIDAD

El controlador del lazo de control de velocidad es el variador de frecuencia. Para la selección del sistema del Variador de Frecuencia se deben tener en cuenta los siguientes factores:

El primer factor al escoger sistemas de control de velocidad como Variadores de Frecuencia es, al igual que para el sistema de control de movimiento, la potencia del motor que se desea controlar. De acuerdo al levantamiento de información, el motor que genera el movimiento en la Banda de salida de material B2 tiene una potencia nominal de trabajo de 2 HP a 220 VAC. De esta manera el requerimiento de potencia para el variador de frecuencia debe ser de mínimo 2 HP a 220 VAC. La tolerancia técnica para la selección del variador de frecuencia será de 1 HP por encima del consumo nominal.

El segundo factor de selección está relacionado con la arquitectura de red y el escenario de automatización establecido por el controlador general seleccionado, es decir, posibilidad de comunicación Ethernet.

Finalmente al igual que para el controlador general y el controlador del lazo de control de movimiento, la base de datos de productos a ser clasificados debe pertenecer a la familia de variadores de frecuencia de Allen Bradley. De acuerdo a los criterios el variador de frecuencia seleccionado mediante la herramienta “Architecture Builder” es el descrito a continuación:

Variador de Velocidad 25B-B011N104 PowerFlex 520-Series. De acuerdo a los requerimientos, el controlador cuenta con las características mostradas en la Tabla 2.32.

Tabla 2.32. Características del Variador de Velocidad 25B-B011N104 PowerFlex 520-Series.

Característica	25B-B011N104
Voltaje de Entrada AC	170...264VAC rms three-phase (240V nom)
Corriente de entrada AC principal	
• Nom (rms) 240V input	- 11.0 A
Caballos de Fuerza (HP)	3.0 HP
Potencia de Trabajo	2.2 kW
Comunicación	Puerto Ethernet/IP embebido

Fuente: [21].

MANIOBRA

A partir del P&ID se genera el diagrama de conexión de instrumentos y equipos y las señales que manejan. Sin embargo existen elementos que no están referenciados dentro de los P&ID, pero que deben ser seleccionados dentro de la estructura eléctrica

y de conexiones. Los elementos de maniobra eléctrica dimensionados para la solución general son descritos y justificados a continuación.

- Alimentación. La única fuente de potencia adicional a la acometida principal es la que se utilizara en la alimentación del sistema de control, el cálculo de la fuente se realiza de acuerdo a la capacidad de potencia que esta debe suministrar. De acuerdo a la herramienta de selección de Rockwell Automation “Architecture Builder”, el fabricante recomienda la referencia Allen Bradley 1606-XLP72E la cual es una fuente específica para la arquitectura de control diseñada. La Tabla 2.33 muestra las principales características de la fuente de alimentación DC para el sistema de control general.

Tabla 2.33. Características de la fuente de alimentación DC para el sistema de control general.

Característica	25B-B011N104
Voltaje de Entrada AC	100...240VAC (Switchable) 47 – 63 Hz
Corriente de entrada AC principal	1.6 A (120 VAC, 72 W) 0.8 A (220 VAC, 72 W)
Voltaje de Salida DC	24...28 VDC
Corriente de Salida Máxima DC	3 A

Fuente: [22].

- Elementos de protección. Se definen los elementos de protección de acuerdo a los consumos de los controladores, sensores y actuadores, además de una protección general. La Tabla 2.34 muestra los consumos de corriente de acuerdo a los lazos y elementos que se desean proteger. La selección de las referencias de los elementos de protección se hace mediante la evaluación de costos a través de las cotizaciones realizadas.

Tabla 2.34. Consumo de corriente de los lazos y elementos a proteger

Lazo/Elemento	Consumo nominal de corriente	Calculo elemento de protección	Referencia Seleccionada
Lazo control de movimiento/Servo Amplificador	8.7 A	Recomendación del fabricante, máximo amperaje 10.0 A	• Breaker tripolar • MOL1154 mMC4-C10/3 • Corriente de ruptura 10 A.
Lazo de control de velocidad/Variador de Frecuencia	11.0 A	Máximo Amperaje 13.0 A	• Breaker tripolar • MOL0489 FAZ-C13/3 • Corriente de ruptura 13 A.
Alimentación sistema de Control/Fuente de alimentación 24 VDC	3 A	Máximo Amperaje 3 A	• Breaker bipolar • MOL1136 PLS4-C3/2 • Corriente de ruptura 3 A.
Elementos de alimentación a 24 VDC/PLC, HMI, Switch.	1.0 A	1.0 A	Bornera porta fusible, 1492WFB24 Rockwell Automation

Fuente: Propia. Octubre de 2013.

- Productos Complementarios. Finalmente se especifican los dispositivos de maniobra primario. La selección de los elementos complementarios de maniobra se hace de acuerdo a los costos asociados presentados en las cotizaciones realizadas. La Tabla 2.35 muestra los dispositivos de maniobra primarios.

Tabla 2.35. Dispositivos de maniobra primarios.

Elemento	Descripción/Requerimiento	Referencia Seleccionada	Cantidad
Interruptor Paro de Emergencia	Pulsar, Halar/Girar para liberar, 1 contacto NA, contacto de auto monitoreo.	Allen Bradley 800FP-MT44PX01S	1
Relevos	<ul style="list-style-type: none"> • Relevos electromecánicos. • Activación electroválvulas. • Bobina 24 VDC. 	Allen Bradley 6A, SPDT, 24 VDC, electromecánico, 1 NO/1NC Catalogo: 700-HLT1Z24	2
Borneras	Borneras de interconexión, Borneras de control calibre 22...18 AWG. Borneras de potencia calibre 14 AWG. Montaje en Riel Omega	Allen Bradley 2.5 mm, 30 ... 12 AWG 24 Amp. Catalogo: 1492-J3	<i>Por definir de acuerdo a diagrama de planos eléctricos. Por definir de acuerdo a diagrama de planos eléctricos Por definir de acuerdo a diagrama de planos eléctricos</i>
	Bornera de tierra	Catalogo: 1492-JG3	
	Puente para bornera	Catalogo: 1492-CJL15-10	
	Tapas	Catalogo: 1492-EBJ3	
Cable de comunicación			
Cables de conexión			

Fuente: Propia. Octubre de 2013.

2.6.6.3. SELECCIÓN HMI: VISUALIZACIÓN, MONITOREO Y CONFIGURACIÓN

De acuerdo a los aspectos y características de la arquitectura de control, el sistema de visualización debe estar acoplado a esta. De este modo el principal requerimiento que salta a relucir es la conectividad con el sistema. También se debe tener en cuenta que de acuerdo a las necesidades del cliente y los alcances planeados no está presupuestado incluir una HMI de gama alta ni altos rendimientos. De esta manera la selección consta de una pantalla de bajo costo con conectividad Ethernet. La arquitectura de solución de acuerdo al "Architecture Builder" y los criterios de selección de bajo costo apuntan a la familia de PanelView de Allen Bradley Component. Esta familia de HMI de bajo costo proporciona las funcionalidades requeridas y no requiere de Drivers adicionales ya que es de la misma marca de los elementos de control de la solución.

La Panel View seleccionada es de referencia C600 2711C-T6T, las características principales son descritas en la Tabla 2.36.

Tabla2.36. Características principales de la PanelView C600 2711C-T6T.

Característica	25B-B011N104
Tamaño	5.7 pulgadas (115 x 86)
Tipo	Transitiva a color TFT
Entrada al operador	Táctil
Puerto de trabajo	RS232 (Conector D de 9 pines), RS422/RS485 (conector), Ethernet
Puerto de programación	Puerto de dispositivo USB, Ethernet
Reloj en tiempo real	Con batería de respaldo
Alimentación eléctrica	18...30 VCC, C400 3.5 W, C600 10 W, C1000 18 W

Fuente: [23].

Para más información sobre la selección de elementos y la solución dimensionada mediante el apoyo de la herramienta proporcionada por Rockwell Automation Architecture Builder, ver el documento técnico generado por la misma herramienta en el Anexo A “DOCUMENTO TECNICO ARCHITECTURE BUILDER”.

2.6.7. LISTA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS

Dentro de la etapa de desarrollo de Ingeniería Básica y Conceptual se propone y escoge la solución óptima para el problema detectado, posteriormente en la etapa de Ingeniería de Detalle se definen los elementos que serán utilizados para ejecutar la solución, las conexiones, planos y en general la arquitectura detallada de la solución.

La arquitectura de control propuesta consta de los equipos de control y maniobra descritos en la Tabla 2.37. Los elementos descritos deben estar relacionados en cada uno de los diagramas de control diseñados y propuestos para el desarrollo de la solución en automatización. A cada elemento seleccionado se asigna una etiqueta de identificación que permite referenciar, normalizar y estandarizar la nomenclatura de elementos, lo que facilita la interpretación de los diagramas de diseño a la hora de ejecutar cualquier solución propuesta. Muchas veces este tipo de soluciones no son ejecutadas por el grupo de trabajo de diseño, y se debe asegurar que las personas encargadas del desarrollo tengan las herramientas de diseño claras para hacer más eficiente la ejecución de la solución propuesta.

Tabla 2.37. Equipos de control y maniobra para la arquitectura de control propuesta.

	Elemento	Etiqueta
Control	PLC MicroLogix 1400, Allen Bradley 1766-L32BXB	PLC
	Panel View Component HMI Terminals, Allen Bradley 2711C-T6T	HMI
	Variador de Velocidad, PowerFlex, Allen Bradley 25B-B011N104	SC/02
	Servo amplificador Allen Bradley, Kinetix 350 2097-V33PR5-LM 2 kW	ZC/01
	Servo Motor Allen Bradley, MPM-A1302F-SJ72AA	M1
	Motor Banda de Salida, 2 HP (*)	M2
	Elemento	Etiqueta
Maniobra	Fuente de Potencia, 24VDC 3 A, Allen Bradley 1606-XLP72E	2PS1
	Cable de potencia SERVO MOTOR 2090-CPWM7DF-14AA04	Señal Servo U1, V1, W1
	Cable de Encoder 2090-XXNFMF-S04	Señal EncoderServo
	Mini interruptor automático termo magnético 25 A, FAZ MOL0492 FAZ-C25/3	2Q1
	Mini interruptor automático termo magnético 13 A, FAZ MOL0489 FAZ-C13/3	2Q2
	Mini interruptor automático termo magnético 10 A, FAZ MOL1154 mMC4-C10/3	2Q3
	Mini interruptor automático termo magnético 3 A, FAZ MOL1136 PLS4-C3/2	2Q4
	Sensor Inductivo. Presencia de material (*)	ZE2/01
	Sensor Inductivo de Home (*)	ZE1/01
	Sensor de Velocidad - Encoder (*)	SE/01
	Sensor de Confirmación Pistón Apertura (*)	ZSH/01
	Sensor de Confirmación Pistón Apertura (*)	ZSL/01
	Canaletas 40x60	
	Cable de control 2x18 AWG - CENTELSA	
	Cable de potencia 3x12 AWG - CENTELSA	
	Bornera 20 - 12 AWG Cabur CB.2	
	Bornera para tierra 20 -12 AWG TEO.4	

Tapa para bornera CB.2	
Marquillas 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0 R,S,T,N,U,V,W,L	
Riel Omega	
Parada de emergencia girar - AB	

Fuente: Propia. Octubre de 2013.

(*) Ya se cuenta con este elemento.

Para una información más clara y detallada de las características, opciones de conexión, especificaciones técnicas y opciones adicionales en general de los elementos dimensionados y calculados revisar el Anexo B “MANUALES TECNICOS Y DATA SHEET”.

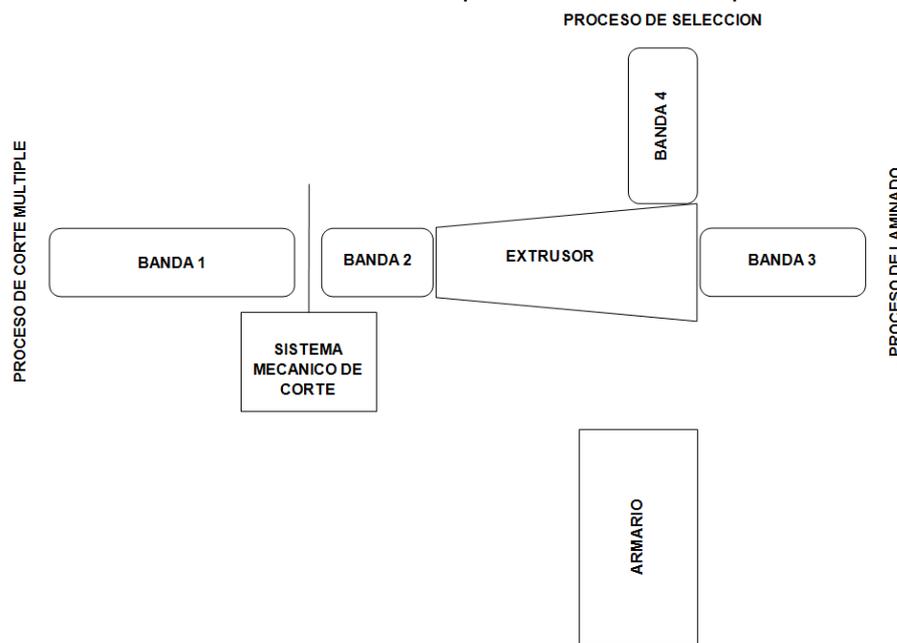
2.7. INGENIERÍA DE DETALLE

Para la ingeniería de detalle se exponen el plano de distribución física, los diagramas de lazo de instrumentos, los diagramas de mando y potencia, un algoritmo de control y un graficet de la solución seleccionada.

2.7.1. PLANO DE DISTRIBUCION FISICA

La Figura 2.19 muestra la distribución física del proceso de corte de pastón dentro de la planta 1 de la ladrillera “La Sultana”.

Figura 2.19. Plano de distribución física del proceso de corte de pastón.



Fuente: Propia. Octubre 2013.

En el plano de distribución física se observan dos bandas de alimentación de arcilla al extrusor (Banda 3 y Banda 4), la Banda 3 transporta la arcilla desde el proceso anterior de laminado hacia el proceso de extrusión, por otra parte la Banda 4 alimenta al extrusor con lo que en el ámbito de la ladrillera se conoce como “desperdicios de recuperación” de arcilla que es material que se reintegra de nuevo al proceso para ser reprocesado. Mediante el proceso de extrusión ejecutado por la extrusora se obtiene el pastón (bloque de arcilla moldeada) que es transportado al Sistema de Corte por la Banda 2, posteriormente el pastón cortado es llevado hacia el proceso de corte múltiple a través de la Banda 1. Por último, está el Armario donde se encuentran ubicados diferentes equipos y elementos de maniobra eléctrica descritos según los planos a continuación.

2.7.2. DIAGRAMAS DE LAZO DE INSTRUMENTOS

Antes de desarrollar los diagramas de lazo, se definen los puntos de conexión para los elementos e instrumentos definidos. En la Tabla 2.38, se define el listado de borneras para las conexiones de potencia y control. Las borneras se manejan en grupos comunes dentro del tablero de control para facilidad en su identificación. Los Diagramas de lazo, de Mando y los planos eléctricos están agrupados y descritos en el Anexo C “PLANOS ELECTRICOS, DIAGRAMAS DE LAZO Y DIAGRAMAS DE MANDO”.

Tabla 2.38. Listado de borneras para las conexiones de potencia y control.

Identificador de grupo	Descripción
X1	Borneras de potencia. Distribución de voltaje. 220 VAC
X2	Borneras de potencia. Alimentación Motores.
X3	Borneras de Control. Distribución de voltaje 24 VDC
X4	Borneras de Control. Entradas lógicas PLC
X5	Borneras de Control. Salidas lógicas PLC
X0	Borneras de tierra

Fuente: Propia. Abril de 2013.

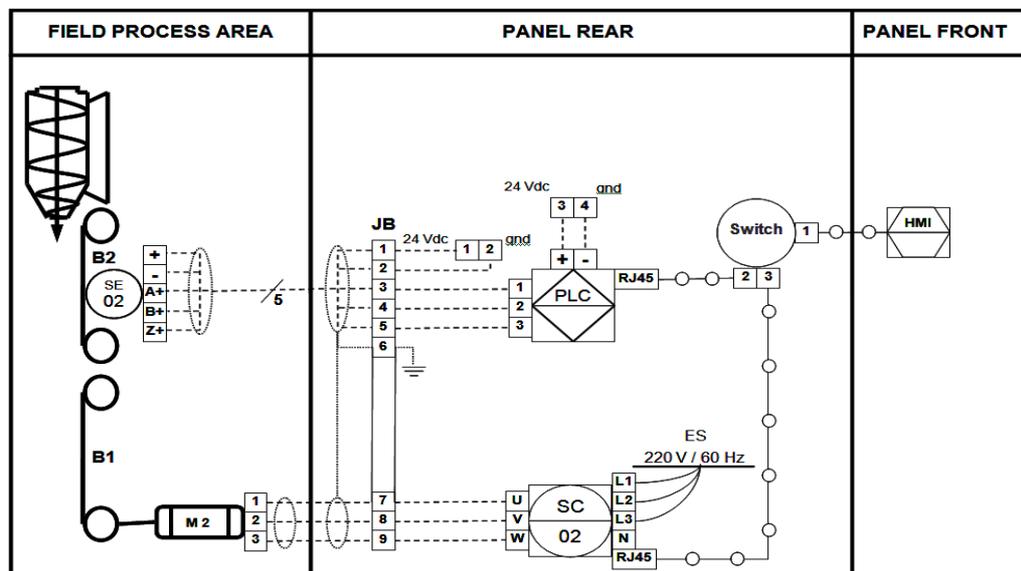
Cada una de las borneras agrupada contiene una marquilla que identifica la línea eléctrica de potencia o control que representa.

Una vez definidos los puntos de control se definen las conexiones de los lazos de control.

2.7.2.1. DIAGRAMA DE LAZO DE CONTROL DE VELOCIDAD

En la Figura 2.20 se muestra el diagrama de lazo para el control de velocidad que hace parte de la solución 2 propuesta, de acuerdo con la norma ISA 5.4.

Figura 2.20. Diagrama de lazo para el control de velocidad.

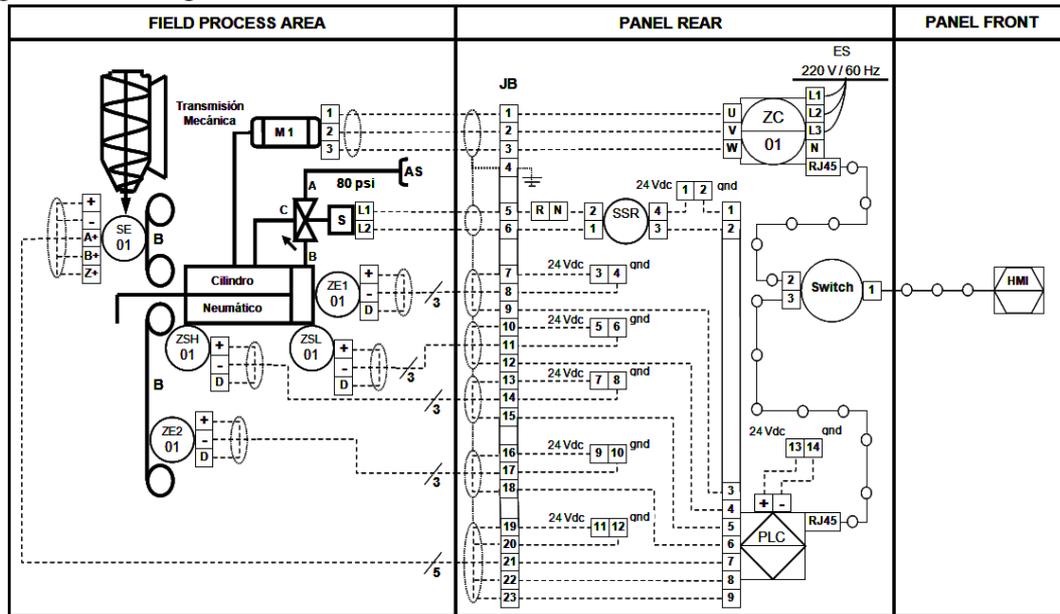


Fuente: Propia. Octubre 2013.

2.7.2.2. DIAGRAMA DE LAZO DE CONTROL DE MOVIMIENTO

En la Figura 2.21 se muestra el diagrama de lazo para el control de movimiento que hace parte de la solución 2 propuesta, de acuerdo con la norma ISA 5.4.

Figura 2.21. Diagrama de lazo de control de movimiento.

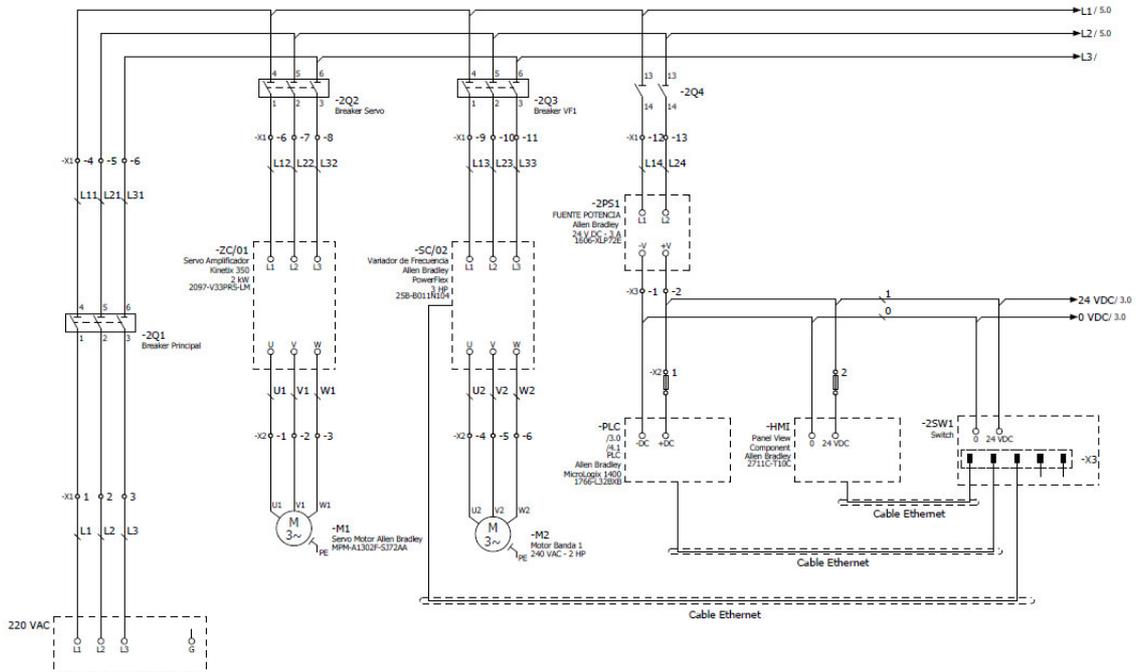


Fuente: Propia. Octubre 2013.

2.7.2.3. DIAGRAMA DE POTENCIA

En la Figura 2.22 se muestra el diagrama de conexión de potencia de elementos. El diagrama muestra el plano eléctrico estándar de interconexión de potencia para cada elemento de los lazos de control, los tipos de conexión y referencias técnicas de cada uno. También la referencia de los puntos de conexión para cada elemento y el respectivo elemento de protección para cada línea de alimentación.

Figura 2.22. Diagrama de conexión de potencia de elementos.



Fuente: Propia. Octubre 2013.

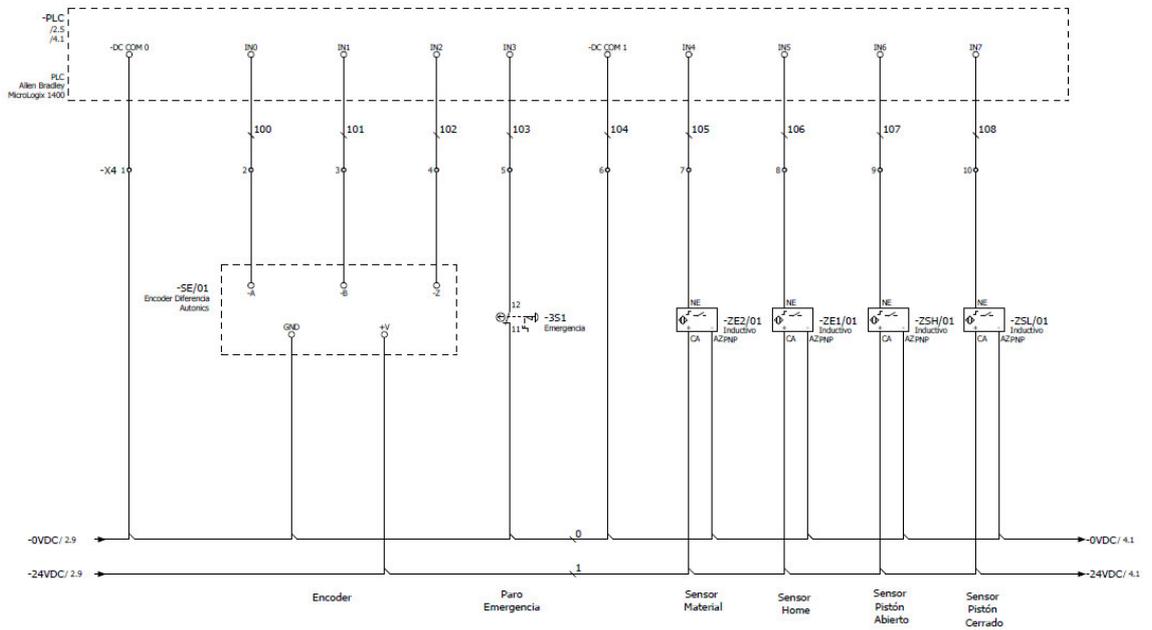
2.7.2.4. DIAGRAMA DE MANDO

En la Figura 2.23 se muestra el diagrama de conexión de mando asociado a las entradas lógicas del controlador general del sistema (PLC). De acuerdo a la

distribución de entradas/salidas mostrada en la Tabla 2.29 se definen los puntos de conexión del cableado eléctrico asociado al control lógico del proceso.

Figura 2.23. Diagrama de conexión de mando asociado a las entradas lógicas del controlador general del sistema (PLC).

ENTRADAS PLC

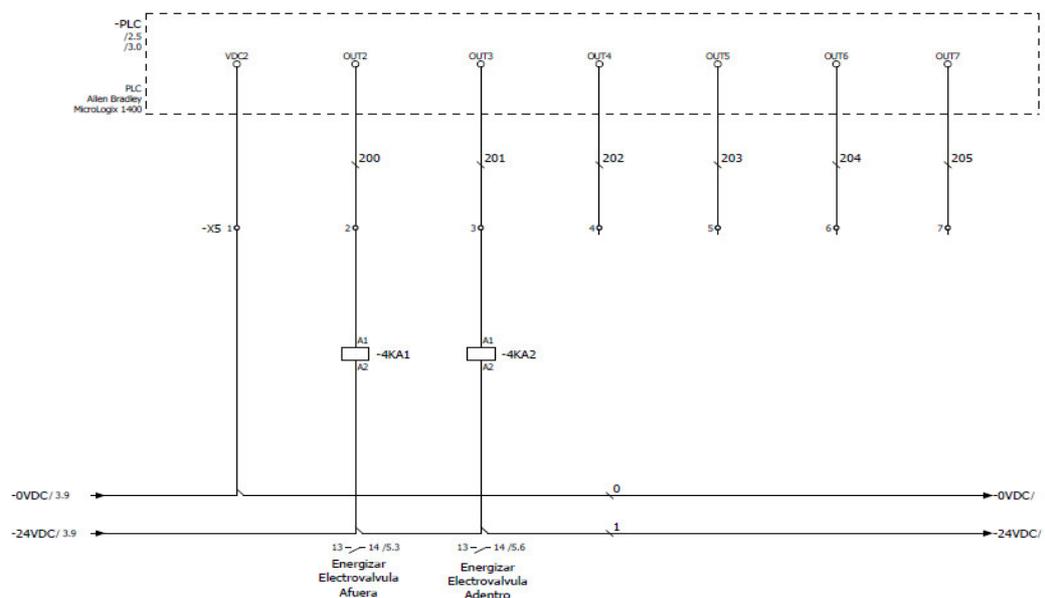


Fuente: Propia. Octubre 2013.

En la Figura 2.24 se muestra el diagrama de conexión de mando asociado a las salidas lógicas del controlador general del sistema (PLC). De acuerdo a la distribución de entradas/salidas mostrada en la Tabla 2.29 se definen los puntos de conexión del cableado eléctrico asociado al control lógico del proceso.

Figura 2.24. Diagrama de conexión de mando asociado a las salidas lógicas del controlador general del sistema (PLC).

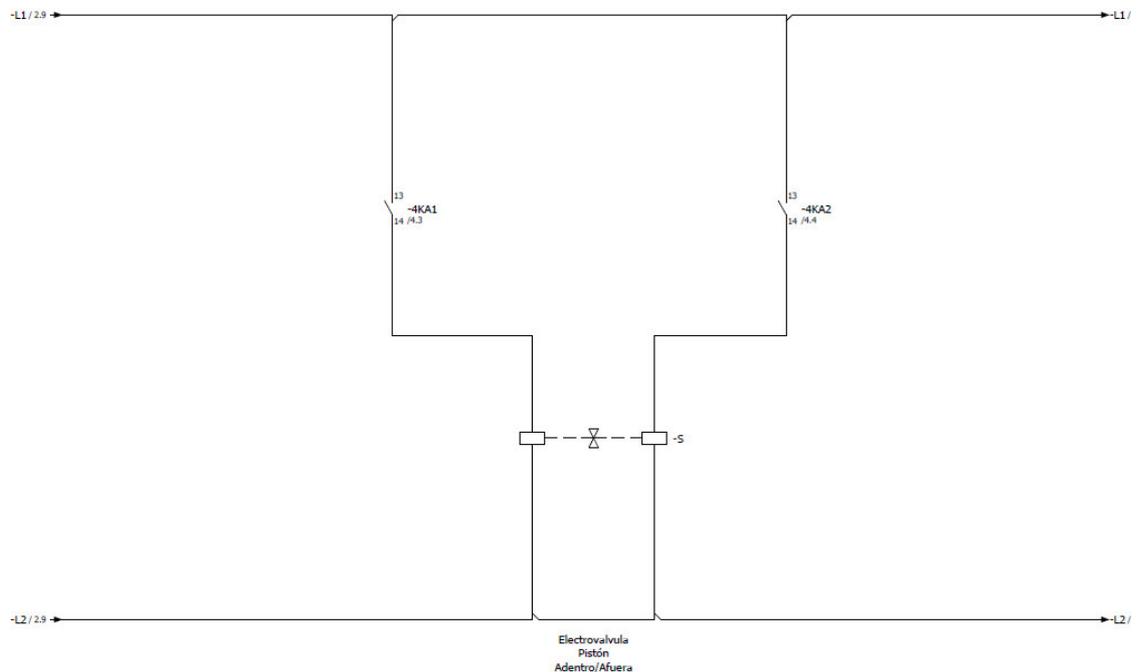
SALIDAS PLC



Fuente: Propia. Octubre 2013.

En la Figura 2.25 se muestra el diagrama de conexión de mando asociado a la lógica de control de sensores y actuadores. De acuerdo a la distribución de entradas/salidas mostrada en la Tabla 2.29 se definen los puntos de conexión de lógica cableada para la activación de los actuadores del proceso.

Figura 2.25. Diagrama de conexión de mando asociado a la lógica de control de sensores y actuadores.



Fuente: Propia. Octubre 2013.

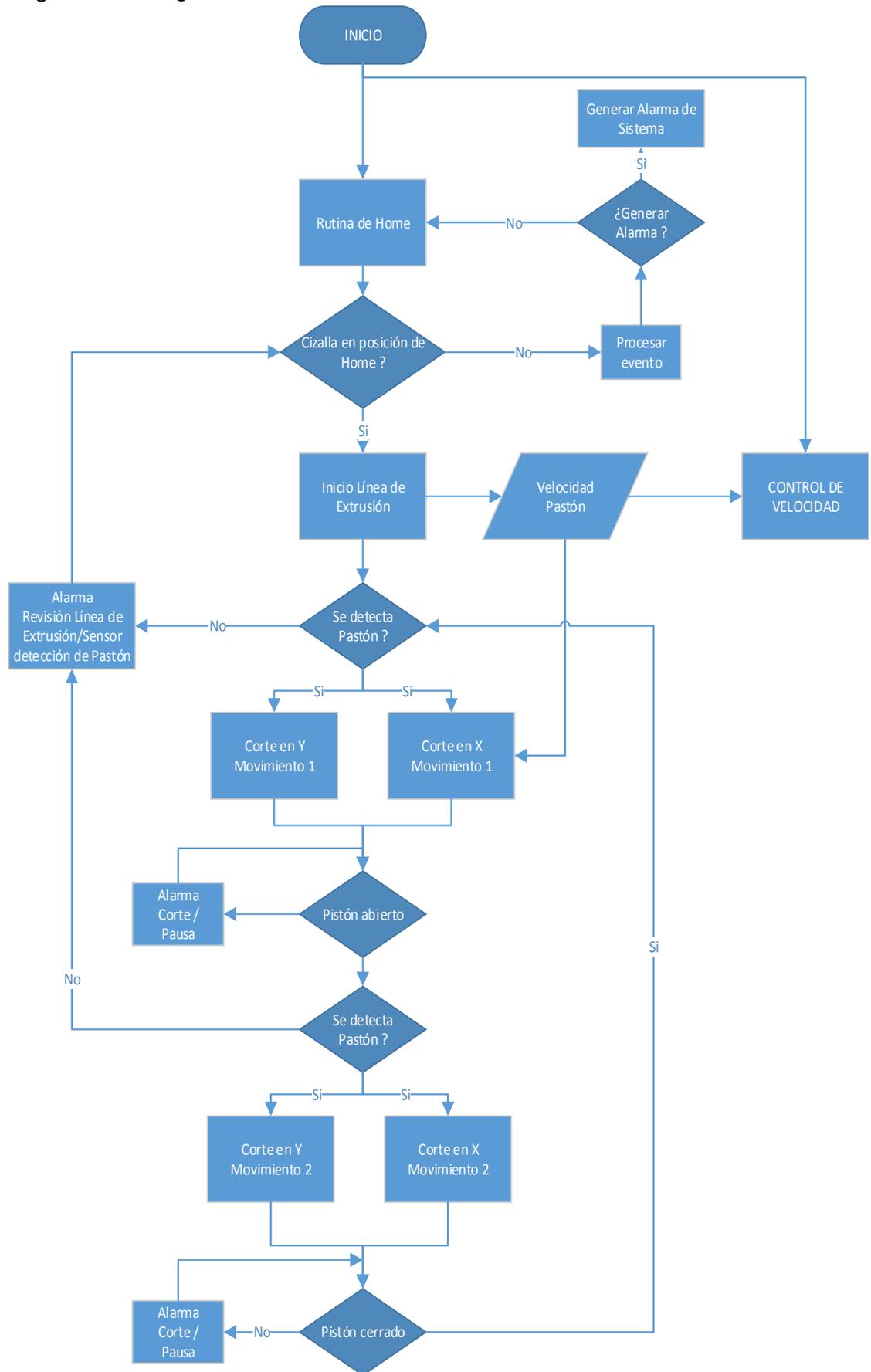
Un diagrama de lazo, eléctrico o de mando muestra, en la mayor medida posible, la distribución y conexiones de todas componentes y dispositivos de control. Dado que las conexiones y las marquillas son descritas, estos tipos de diagramas brindan una ayuda para realizar el cableado del tablero de control o localizar cables para solucionar problemas. Por esta razón, dentro de la documentación general del proyecto se debe anexar un documento que recoja los diagramas de lazo y los planos eléctricos del proyecto. Cabe resaltar que tanto los diagramas y los planos eléctricos no son definitivos y pueden presentar cambios en el transcurso del proyecto, por esto, es responsabilidad del grupo de desarrollo actualizar periódicamente los documentos.

Para una información más clara de los diagramas de lazo propuestos y las conexiones de potencia y de control dimensionadas para el sistema de control de corte de pastón revisar el Anexo C.

2.7.3. ALGORITMO DE CONTROL

El algoritmo de control que describe las funcionalidades de la solución propuesta es mostrado en la Figura 2.26. De acuerdo al diagrama de flujo de la solución se determina el GRAFCET de programación del controlador principal.

Figura 2.26. Algoritmo de control.



Fuente: Propia. Octubre 2013.

El proceso de control inicia con la señal de arranque del mando principal. Simultáneamente se inician dos tareas: Rutina de Home y el Control de Velocidad. El control de velocidad se ejecutará durante todo el proceso, en la tarea paralela de ir a posición de HOME se espera hasta que los instrumentos indiquen al lazo de control que la estructura mecánica está en posición y que se puede iniciar el proceso de moldeo y corte.

Una vez iniciado el proceso de moldeo y corte, la cizalla se encuentra a la espera de que se detecte pastón para ejecutar el primer movimiento de corte, el cual está compuesto de dos tareas: corte en "Y" movimiento 1 y Corte en "X" movimiento 1. Al finalizar el primer movimiento de corte se espera a que genere una nueva detección de pastón para genera el segundo movimiento de corte, que también está compuesto de 2 tareas corte en "Y" movimiento 2 y Corte en "X" movimiento 2. Este ciclo de movimientos de corte se repite cíclicamente hasta que se cumpla con la producción programada o hasta que se tenga manualmente el proceso.

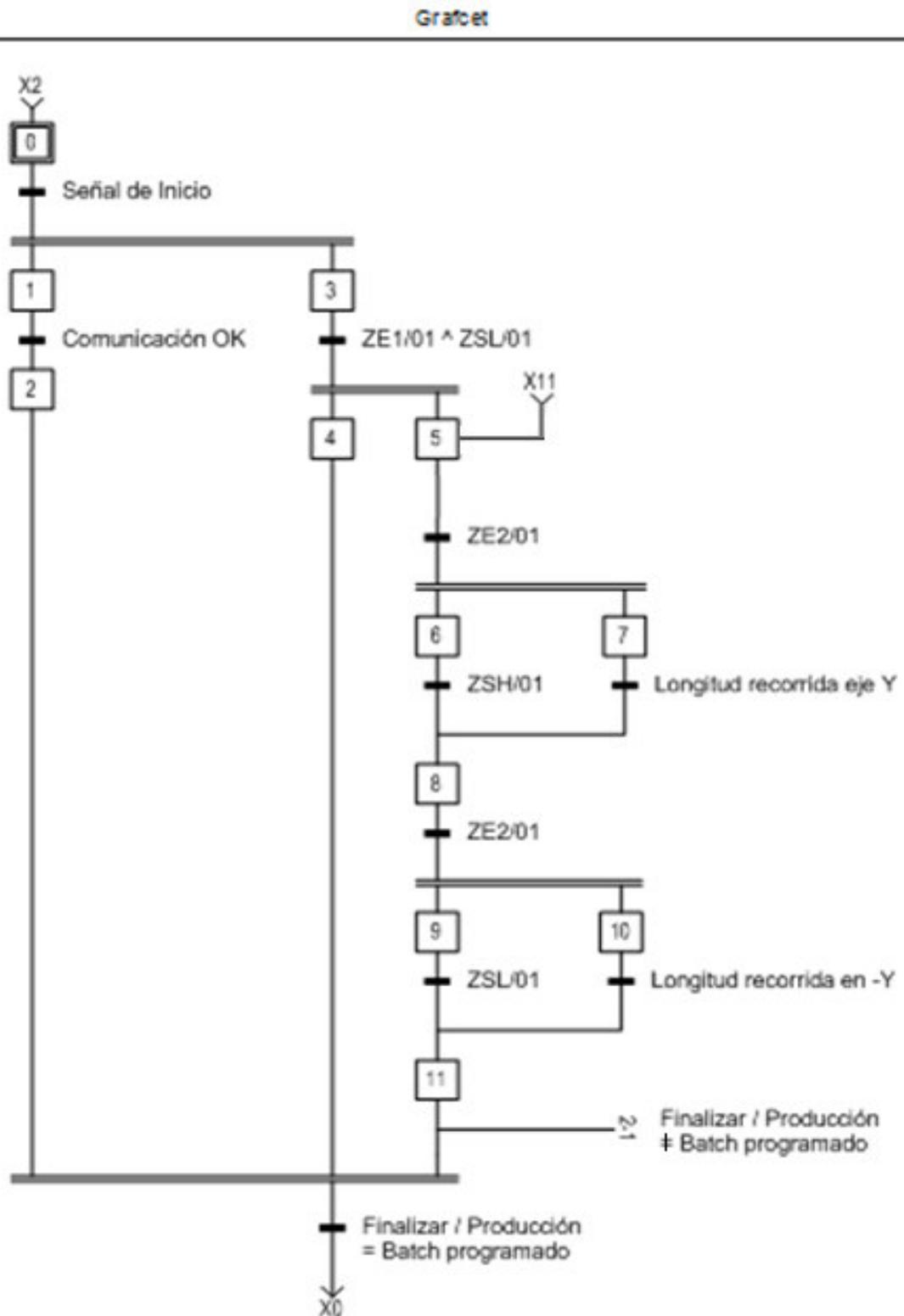
Dentro de la filosofía de control diseñada en el algoritmo propuesto, se prevén funciones de seguridad y alarmas mediante tareas de detección de eventos inesperados, estas son:

- Alarma, Revisión línea de extrusión: Si la espera por detección de pastón para corte sobrepasa un límite de tiempo configurable, se pausa el sistema y se genera un mensaje que sugiere una revisión del sistema de moldeo.
- Alarma, corte: Los movimientos de corte son validados mediante los sensores de confirmación de apertura y cierre del pistón. Si no se genera la confirmación se pausa el sistema para revisión.
- Alarma, fallo en rutina ir a HOME. Si al iniciar la tarea de ir a HOME no se detecta confirmación de los sensores de posición en HOME, se procede a pausar el sistema para revisión.

2.7.4. GRAFCET

La Figura 2.27, muestra el GRAFCET del procedimiento de control propuesto.

Figura 2.27. GRAFCET del procedimiento de control.



Fuente: Propia. Octubre 2013.

2.7.4.1. GRAFCET – DESCRIPCION FUNCIONAL

El GRAFCET inicia con dos estados en paralelo, que inician los dos (2) Lazos de control: Lazo de control de velocidad y Lazo de control de movimiento.

El lazo de control de velocidad se ejecuta hasta que se termine la producción programada o hasta que se finalice el proceso.

El lazo de control de movimiento cuenta con una secuencia lógica de estados que activan las salidas (actuadores) de proceso para la ejecución de los movimientos de corte en ambos ejes de movimiento.

2.7.4.2. GRAFCET – DESCRIPCION TECNOLÓGICA

Las etapas del procedimiento control y los elementos que intervienen en ellas son descritos en la Tabla 2.39.

Tabla 2.39. Descripción del procedimiento de control.

Etapa	Descripción	Transición previa	Transición próxima
0	Espera inicio del sistema	NA	Señal de inicio, consola de mando principal.
1	Iniciar comunicación con el Variador de Frecuencia (SC/01)	Señal de inicio, consola de mando principal.	Comunicación OK
2	Iniciar PID control de velocidad.	Comunicación OK	Finalizar o Producción = Batch programado
3	Ir a posición HOME cizalla	Señal de inicio, consola de mando principal.	ZE1/01 Y ZSL/01 Sensor Home y Sensor pistón por bajo (pistón adentro) están activos
4	Habilitar encendido extrusora	ZE1/01 "y" ZSL/01 Están activos	Finalizar "o" Producción = Batch programado
5	Espera detección Pastón	ZE1/01 "y" ZSL/01 Están activos	ZE2/01 Sensor de presencia pastón
6	Energizar electroválvula S, pistón afuera	ZE2/01 Sensor de presencia pastón	ZSH/01
7	Enviar consigna de velocidad y posición al sistema servo ZC/01	ZE2/01 Sensor de presencia pastón	Longitud de recorrido en eje Y alcanzada.
8	Espera detección Pastón	ZSH/01 "y" Longitud de recorrido en eje Y alcanzada	ZE2/01 Sensor de presencia pastón
9	Energizar electroválvula S, pistón adentro	ZE2/01 Sensor de presencia pastón	ZSL/01
10	Enviar consigna de velocidad y posición al sistema servo ZC/01	ZE2/01 Sensor de presencia pastón	Longitud de recorrido en eje Y alcanzada.
11	Espera detección Pastón	ZSL/01 "y" Longitud de recorrido en eje Y alcanzada	Finalizar/Batch = producción "o" No Finalizar/Batch ≠ producción

Fuente: Propia. Octubre 2013.

2.7.4.3. GRAFCET – DESCRIPCION OPERATIVA

El sistema se encuentra en estado de espera 0, hasta que se genera la transición de inicio que activa los estados 1 y 3 que activan el inicio de la comunicación Ethernet y se inicia la rutina de home.

El estado 1 se ejecuta hasta que se valide la comunicación entre el PLC y el Variador de frecuencia SC/02, lo cual inicia el control PID.

El estado 3 ejecuta la rutina de home, energizando la electroválvula S y enviando la consigna de movimiento hacia el servo ZC/01, la activación de los sensores ZE1/01 (sensor de HOME) y ZSL/01 (pistón adentro) establecen que el sistema mecánico está en HOME lo cual genera la transición a los estados 4 y 5.

El estado 4 es el inicio de la extrusora que se ejecuta hasta finalizar la producción o se termine el proceso manualmente, el estado 5 es una espera hasta que se detecta pastón a través del sensor de presencia ZE2/01 lo cual genera la activación de los estados 6 y 7. El estado 6 activa la electroválvula S que activa el pistón, el sensor fin de carrera ZSH/01 valida la posición del pistón para continuar. El estado 7 envía la consigna de movimiento al sistema servo ZC/01, por comunicación se valida que la distancia recorrida (Encoder servo) fue concluida.

Una vez concluidos ambos estados se ejecuta una espera hasta que se detecta pastón a través del sensor de presencia ZE2/01 nuevamente (estado 8), la presencia de pastón es la transición hacia los estados 9 y 10. El estado 9 activa la electroválvula S que activa el pistón (lo devuelve), el sensor fin de carrera ZSL/01 valida la posición del pistón para continuar. El estado 7 envía la consigna de movimiento al sistema servo ZC/01 en dirección contraria, por comunicación se valida que la distancia recorrida (Encoder servo) fue concluida. Ambas transiciones generan el estado 11 el cual determina 2 opciones, si se activa la transición de programación de producción alcanzada, finaliza el proceso con la terminación de los estados 11 y 4 y se regresa al estado 0. Si no se activa la transición de programación de producción alcanzada se regresa al estado E5 y se ejecuta la rutina de corte hasta alcanzar la producción programada.

2.7.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Para la implementación de la propuesta de solución 2 escogida por el Gerente y el Ingeniero de planta de la ladrillera “La Sultana” se desarrollará una serie de actividades dentro de cada fase de implementación.

Actividades de ingeniería: La Tabla 2.40 muestra la lista de actividades generales para la ejecución de la solución en automatización propuesta. A partir de esta lista de actividades se define el cronograma de trabajo para el proyecto y el costo asociado a trabajo dentro de la solución.

Tabla 2.40. Lista de actividades generales para la ejecución de la solución propuesta.

	Actividades	Descripción
1	Levantamiento de información	Definición del estado actual de las tecnologías instaladas en la planta de producción de ladrillos La Sultana.
2	Elaboración de planos eléctricos, Diagrama P&ID, Diagramas de lazo y Lista detallada de elementos	Definición de la lista detallada de elementos, la cual es derivada de los planos eléctricos.
3	Armar tablero de control	De acuerdo al diseño establecido en los planos eléctricos, armar el tablero de control con los elementos de maniobra y control.
4	Diseño de la lógica de control	Diseñar la arquitectura de control que se va a implementar en cada uno de los controladores instalados.
5	Adaptaciones mecánicas	Realizar las adaptaciones mecánicas requeridas.
6	Programación del PLC	Programar el Controlador principal de acuerdo a la arquitectura de control establecida
7	Programación del sistema Servo	Programar el Controlador posición de acuerdo a la arquitectura de control establecida
8	Programación del Variador de Frecuencia	Programar el variador de frecuencia de acuerdo a la arquitectura de control establecida
9	Programación MI	Definir la visualización y funcionalidades de la panelview de acuerdo a la arquitectura de control
10	Pruebas SAT [34]	Desarrollo del protocolo de pruebas en laboratorio, del resultado de las pruebas se define el aval para realizar las pruebas en sitio.
11	Pruebas FAT [34]	Una vez validadas las pruebas SAT, se realizan las pruebas en el sitio de instalación y ejecución del proyecto técnico.
12	Arranque del sistema	Ejecutar los protocolos de arranque del sistema.
13	Validación del sistema	Desarrollar pruebas de aceptación de la solución instalada.
14	Documentación del Sistema.	Realizar la documentación del sistema y los entregables al cliente
15	Actividades administrativas y comerciales	Definir el flujo de caja durante la ejecución y entrega del proyecto.

Fuente: Propia. Octubre de 2013.

En la Tabla 2.41 se muestra el cronograma de actividades planteado para el desarrollo del proyecto propuesto.

Tabla 2.41. Cronograma de actividades.

Actividad	Duración (días)	DIAS												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	X												
2	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
3	2			X	X									
4	1					X								
5	2					X	X							
6	1							X						
7	1								X					
8	1								X					
9	1									X				
10	5						X	X	X	X	X			
11	1											X		
12	1												X	
13	1													X
14	12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	1	X												

Fuente: Propia. Abril de 2013.

2.8. RESUMEN CAPITULO 2

En el capítulo 2 se realizó la documentación de la etapa de Ingeniería Conceptual, Básica y Detallada requeridas en el desarrollo del diseño de la solución para el proceso de moldeo y corte en la Ladrillera La Sultana. La Ingeniería Conceptual que permitió describir, detallar y modelar el proceso de moldeo y corte de pastón con base en los modelos ISA 88.

En la Ingeniería Básica se realizó una profundización del análisis realizado en la ingeniería conceptual; se hizo una formulación de las propuestas de solución propuestas describiendo los instrumentos y equipos mediante diagramas de instrumentos P&ID y finalmente se describe el proceso de selección de la solución óptima y los equipos e instrumentos asociados.

En la Ingeniería de Detalle se obtuvo el diseño detallado de la instalación de todos los instrumentos, se generaron los diagramas de lazo de instrumentos, así como los planos eléctricos de potencia y de mando del proceso, con las etiquetas (marquillas) para cada elemento y conexiones respectivas.

Para información más detallada de la etapa de Ingeniería y Diseño, revisar el Anexo A, Anexo B y Anexo C.

3. ANÁLISIS DE COSTOS

Mediante este capítulo se realiza una presentación de los elementos que participan en la estructuración y obtención de los costos asociados al desarrollo de un proyecto de automatización. En resumen se definen los costos que concurren en la elaboración, administración, venta y financiación del producto o servicio que se pretende ofrecer.

El desarrollo de un análisis de costos requiere de estudios que brinden una base técnica del proyecto, estos estudios son necesarios para establecer el alcance, la programación de actividades, la lista detallada de elementos de control e instrumentación, entre otras. Esta información es generada mediante la ejecución de los capítulos 1 y 2 de este documento, donde se hace referencia a los estudios de Ingeniería Conceptual, Básica y Detallada.

Se propone entonces, un procedimiento en el que se calcule y se asocie un costo que cuantifique y brinde un valor comercial al proyecto en desarrollo[24].

El procedimiento consiste en una serie de pasos o secuencia de actividades donde se asignan responsabilidades para cada actividad. El procedimiento contiene los siguientes elementos:

- Objetivo. Describe la razón, el fin último por el que se presenta el procedimiento.
- Diagrama de Flujo: La representación gráfica del procedimiento, presentada en un diagrama de flujo.
- Responsabilidades: El personal que debe realizar cada actividad.
- Requerimientos previos.
- Instrucciones: Descripción detallada de las actividades Título; Código; Alcance; Definiciones; Referencias; Anexos; etc.

La información necesaria para iniciar el desarrollo del análisis de costos es definida a continuación:

Cronograma de Actividades: el cronograma de actividades es definido en la etapa de Ingeniería Básica y Detallada. En este se definen las actividades necesarias para llevar a cabo la solución propuesta. El cronograma de actividades permitirá dentro del análisis de costos cuantificar las horas de trabajo, los desplazamientos de personal y equipos de trabajo, entre otros.

Lista de Elementos: la lista de elementos requeridos para la ejecución es definida en la etapa de Ingeniería Básica y Detallada. Una vez definidos los elementos de control requeridos dentro de la solución en automatización es posible realizar un proceso de cotización para cada uno de los elementos, de manera que se asigne un totalizado general del costo de adquisición de los elementos y el costo de venta ofrecido al cliente, así como las ganancias individual y totales por producto de este procedimiento.

A continuación se hace una descripción detallada de los pasos y elementos propuestos para realizar un análisis de costos.

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE COSTOS.

El procedimiento de análisis de costos consiste en determinar los recursos necesarios para ejecutar las soluciones propuestas dentro del desarrollo de la etapa de Ingeniería de Diseño. El análisis de costos permite a los desarrolladores del proyecto establecer el costo que deben asumir parcial o totalmente si se aprueba y ejecuta la o las soluciones propuestas. Tener en cuenta que los costos establecidos dentro del Análisis de Costos deben ser solventados por el cliente al final, durante o al inicio del proyecto, es decir el total de los costos debe estar incluido en el precio ofertado al cliente por el servicio de desarrollo del proyecto.

Con la finalidad de facilitar la recolección y cálculos automáticos necesarios en el procedimiento, en el presente trabajo de pregrado se propone una hoja de cálculo en Excel. Este es un archivo de extensión xlsx de hojas de cálculo electrónicas generadas mediante la aplicación Excel de Microsoft que automatiza el procedimiento de análisis de costos. Mediante el procesamiento de información de entrada se obtienen los costos finales en un resumen financiero. Este archivo se encuentra en el Anexo D "PLANTILLA DE ANALISIS DE COSTOS".

3.1.1. LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS

Responsables: el responsable de la generación de la Lista Detallada de Elementos es el Departamento de Ingeniería encabezado por los responsables del desarrollo técnico del proyecto, los cuales dentro de la etapa de ingeniería conceptual y básica definen las soluciones de ingeniería asociadas al proyecto y que se propondrán al cliente.

Documentos Requeridos: 2. DISEÑO DE INGENIERIA, 2.6.7. LISTA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS.

A partir del desarrollo de la etapa de Ingeniería, de donde se obtiene el listado y la cantidad de elementos hardware y software, necesarios para el desarrollo del proyecto, se procede a la definición de la Lista Detallada De Elementos.

La Lista Detallada de Elementos está compuesta por: los elementos de control definidos, los paquetes software requeridos y los elementos adicionales dentro de la solución propuesta en el Documento de Diseño. La etapa de Ingeniería de diseño (Ingeniería Conceptual y Básica) determinará cuáles de estos tipos de elementos son requeridos dentro del proyecto y la solución propuesta.

3.1.2. COTIZACIÓN COMERCIAL DE ELEMENTOS

Responsables: el responsable de ejecutar la actividad de cotizar la Lista Detallada de Elementos es el Departamento de Comercial en conjunto con el departamento de Compras (si existe dentro del organigrama empresarial).

Documentos Requeridos: 2. DISEÑO DE INGENIERIA, 3.1.1. LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS.

Mediante una cotización formal se realiza el cálculo del costo individual y total de cada elemento estipulado en la lista detallada de elementos. El procedimiento continúa mediante la obtención de mínimo de dos (2) cotizaciones formales con diversos proveedores en el mercado, de tal manera que se establezca un cuadro comparativo de precios que permita al usuario disentir sobre varias opciones y escoger la mejor opción comercial. De esta manera se obtendrá el listado del valor de compra individual y total para cada elemento de la Lista Detallada. El listado de documentos de cotización obtenidos a través de los proveedores consultados, están dentro del Anexo E "COTIZACIONES".

Un factor a tener en cuenta además del costo por elemento es la forma de pago definida por cada proveedor consultado. Dentro del análisis de flujo de caja se estipula esta entrada y como resultado se define un nivel de decisión respecto a esta característica comercial.

Es oportuno aclarar que si se cuenta con un proveedor con preferencias comerciales, que está legalmente establecido o la empresa u organización es un integrador en automatización de una marca o empresa en particular, la cotización de la lista detallada de elementos se hace en base a las tarifas oficiales ofrecidas por el proveedor.

3.1.3. COSTOS DEL PROYECTO

Responsables: el responsable de ejecutar la actividad de definir y analizar los costos generales del proyecto es el Departamento Comercial en cabeza del o los responsables de vender y cotizar el proyecto.

Requerimientos Previos: 2. DISEÑO DE INGENIERIA, 2.7.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, 3.1.1. LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS. Y ANEXO E.

El costo es la suma de obligaciones en que se incurre para la adquisición de un bien o servicio con la intención de que genere ingresos en el futuro [25].

El procedimiento para realizar el cálculo de costos del proyecto se divide en varias partes de acuerdo a los diferentes tipos de costos identificados en la ejecución del proyecto, dentro de un proyecto de automatización se identifican los siguientes tipos de costos:

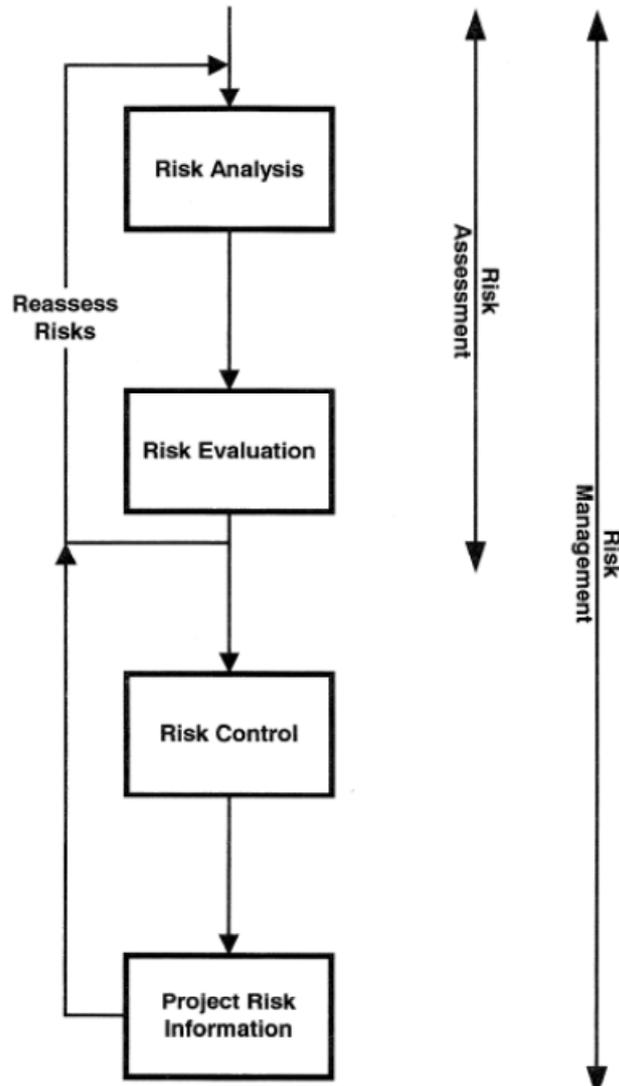
- Costo Asociado a Productos: Costo asociado a los bienes ofrecidos dentro de los requerimientos de la solución de automatización diseñada. Estos productos son divididos en Hardware, Software y adicionales.
- Costo Asociado a Trabajo: Costo asociado a los esfuerzos generados para el desarrollo de servicios y actividades establecidos en la ejecución de las soluciones de automatización diseñadas. Este trabajo es dividido de acuerdo a las actividades de ingeniería planteadas en el cronograma de actividades.
- Costo Asociado a Servicios y Productos de Terceros: Costo asociado a los servicios y productos delegados a un prestador de servicios externo. El cliente recibe un servicio que cumple una función distinta del negocio, pero que se articula con las operaciones generales del negocio [26].
- Costo Asociado a Servicio y Proyectos: Costo asociado a los gastos inherentes al desarrollo del proyecto y de los cuales el cliente no percibirá ningún beneficio, pero que deben ser sumados al costo total del proyecto ya que son necesarios para la ejecución de la solución diseñada. Estos costos son divididos en transporte, desplazamiento aéreo, alojamiento y viáticos.

Con el objetivo de facilitar el cálculo de los costos asociados al proyecto se propone una plantilla de hoja de cálculo, la cual recibe información de entrada relacionada con características específicas del proyecto y proporciona información de salida sobre los costos parciales y totales del proyecto.

3.1.4. ANÁLISIS DE RIESGO

La mayoría de los análisis y gestión de riesgos son llevados a cabo de forma intuitiva e informal por los administradores del proyecto como resultado de su experiencia o sentido común. Sin embargo, personas sin experiencia o equipos de trabajo pueden tener problemas que podrían ser mitigados o eliminados por el conocimiento previo o experiencia de los riesgos comunes asociado con proyectos de automatización [27]. El enfoque general es mostrado en la Figura 3.28.

Figura 3.28. Flujo de Proceso del Análisis de Riesgo.



Fuente: [27].

Con el conocimiento y experiencia de los miembros del equipo humano de trabajo designado para el proyecto, el análisis de riesgos se facilita y puede llevarse a cabo de tal manera que se pueda identificar los riesgos potenciales del proyecto.

En cualquier etapa del proyecto, el proceso de análisis del riesgo consiste en la ejecución de los siguientes pasos [24]:

- Identificar los factores o riesgos conocidos o previsibles que pueden presentar riesgos para el proyecto, pueden ser organizacional, financiero o tecnológico.
- Estimar los riesgos asociados a cada factor. Por ejemplo, lo que podría ocurrir si se produce el factor y cuál sería el impacto en el proyecto.
- Estimar la probabilidad o el nivel de ocurrencia del riesgo. En este punto se asigna a cada riesgo identificado una calificación que le asigne un nivel y que permita establecer prioridades en la definición de actividades de mitigación y prevención.

Los riesgos son asociados de acuerdo a las características y objetivos inherentes a la ejecución de un proyecto de automatización. Dentro de cualquier proyecto se perciben objetivos y características asociadas a la ejecución satisfactoria y total del mismo. Los objetivos y buenas prácticas de ejecución en un proyecto en general, pueden ser afectados por riesgos previsibles e imprevisibles. Estos riesgos, identificados y

descritos en el numeral anterior, afectan en mayor o menor medida la consecución y obtención de los objetivos planteados.

De esta manera se pretende identificar el probable impacto de cada uno de los riesgos en el éxito del proyecto. Los riesgos son asociados dentro de cada uno de los tipos definidos a continuación. Cada tipo de riesgo aporta un peso específico que permite establecer un nivel de aceptación o bien un indicador para establecer un plan de mitigación.

- **Riesgo Financiero:** Riesgo asociado al escenario en que se sobrepasen los costos de desarrollo del proyecto previstos en el análisis de costos. Las razones principales que ocasionan la aparición de estos escenarios son cambios en el alcance y los requerimientos por parte del cliente y una mala estimación de los costos.
- **Riesgos Técnicos:** Riesgo asociado al escenario en que se generen problemas con tecnologías no controladas o previstas o debido a problemas para adaptar nuevas tecnologías requeridas por el proyecto. Las razones principales que ocasionan la aparición de estos escenarios es el uso de herramientas mal adaptadas, usar herramientas no aprobadas o con fallas, problemas de hardware/software, problemas de integración de las diferentes partes del proyecto desarrolladas en paralelo.
- **Términos y condiciones:** Riesgo asociado a inconvenientes respecto al alcance general del proyecto y los acuerdos políticos y económicos con el cliente. Las razones principales que ocasionan la aparición de estos escenarios son requerimientos del cliente no identificados y aprobados en el alcance del proyecto, incumplimientos por parte del cliente en compromisos generales del proyecto.
- **Programación:** Riesgo asociado al escenario en que se sobrepasen los tiempos asignados a la ejecución de cada actividad del cronograma de trabajo. Las razones principales que ocasionan la aparición de estos escenarios son el incremento de esfuerzos en la resolución de problemas técnicos, operacionales o externos, mala asignación de recursos o asignación de recursos no planeada, mayor prioridad en otro proyecto, pérdida de recursos humanos no prevista.

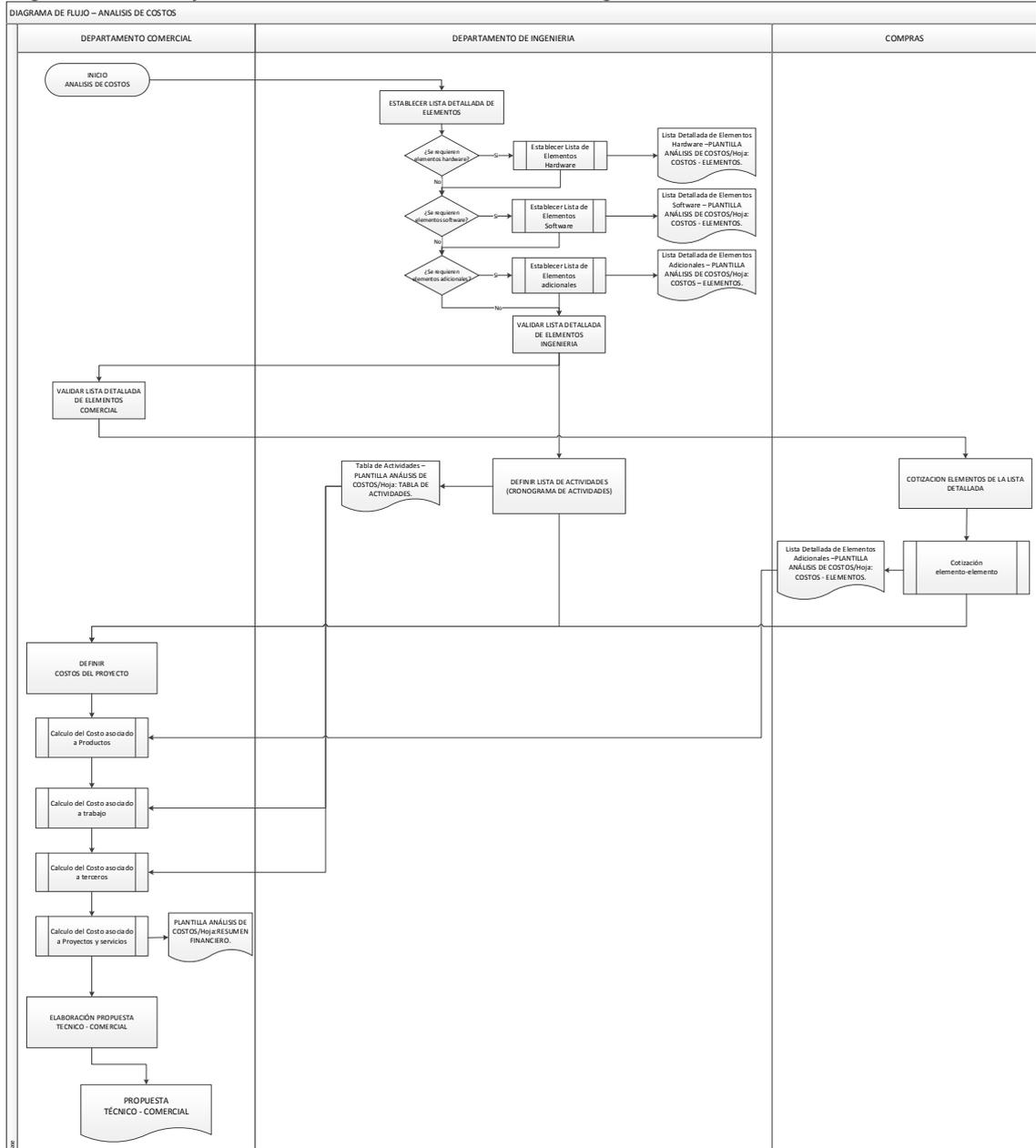
3.2. DESARROLLO DE LOS PASOS DEL PROCEDIMIENTO DE ANALISIS DE COSTOS

A continuación se describen los pasos para el desarrollo del análisis de costos, cada Paso descrito dentro del procedimiento contiene a su vez sub pasos que soportan el desarrollo y contenido del procedimiento.

Como se mencionó, el Anexo D del presente trabajo de grado define una herramienta para el cálculo del costo total del desarrollo del proyecto. El desarrollo del análisis de costos conlleva el diligenciamiento de la plantilla de análisis de costos, el cual es explicado mediante los pasos descritos a continuación. El Anexo F “PLANTILLA DE ANALISIS DE COSTOS: CORTE DE PASTON LADRILLERA LA SULTANA” presenta el análisis de costos diligenciado para el caso de estudio del proyecto objeto en este trabajo de grado, Sistema de corte de pastón, ladrillera LA SULTANA.

La Figura 3.29 muestra el diagrama de flujo del procedimiento de desarrollo del Análisis de Costos y el Análisis de Riesgos integrados dentro del cálculo de costos del proyecto.

Figura 3.29. Flujo de Proceso del Análisis de Riesgo.



Fuente. Propia. Octubre de 2013.

3.2.1. PASO 1 – ESTABLECER LA LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS

La Lista Detallada de Elementos está clasificada en los tipos de elementos asociados a un proyecto de automatización, estos son: Elementos Hardware, Elementos Software y Elementos adicionales. Para cada tipo de elementos se define un sub-paso procedimental que sustenta el paso número 1.

De acuerdo al alcance del proyecto, este puede NO requerir la inclusión de elementos Hardware, Software o Adicionales, o incluso ningún tipo de elemento, de este modo, para cada uno de los sub-pasos definidos, establecer si el tipo de elemento es un requerimiento del proyecto para su aplicación o no.

Los sub-pasos que componen el Paso 1 son definidos a continuación:

- Paso 1.1 –Establecer la Lista Detallada de Elementos Hardware.
- Paso 1.2 –Establecer la Lista Detallada de Elementos Software.

- Paso 1.3 –Establecer la Lista Detallada de Elementos Adicionales.

3.2.2. PASO 2 – REALIZAR COTIZACIÓN COMERCIAL DE LA LISTA DETALLADA DE ELEMENTOS

Posterior a la definición del Listado Detallado de Elementos se realiza el cálculo del costo de compra de cada uno de los elementos de la Lista Detallada de Elementos clasificados en: Hardware, Software y Adicionales.

Dentro de la cotización comercial de los elementos requeridos, se siguen los siguientes sub-pasos.

- Paso 2.1 – Cotización elemento-elemento

Realizar una cotización comercial de cada elemento de la Lista Detallada de Elementos a través de los proveedores oficiales disponibles en el mercado. Una vez reunida la información de precios comerciales de cada uno de los elementos (Valor Unitario de compra) continuar con el cálculo total del costo de compra asociado a Productos (Hardware, Software y Adicionales).

Si se cuenta con proveedores oficiales, a menudo estos brindan información sobre listas de precios de los productos que manejan comercialmente, o posiblemente se tengan acuerdos comerciales y que determinan precios de compra exclusivos o con descuentos especiales. Estos formatos de precios y acuerdos son manejados entre las empresas directamente por el departamento administrativo y comercial.

Sea cual sea el o los tipos de proveedores, asignar el valor de compra de cada elemento de la lista para su posterior análisis y comparación.

Para el cálculo del costo asociado a productos se toma como fuente de precios comerciales las cotizaciones oficiales realizadas dentro del proceso de Cotización elemento-elemento y formalizadas en el *Anexo D Hoja: COSTOS – ELEMENTOS*. En la Figura 3.30 se muestra como ejemplo la hoja de cálculo asociada a elementos hardware, se cuenta con una distribución similar para los elementos Software Adicionales dentro de la misma hoja COSTOS – ELEMENTOS.

Figura 3.30. Hoja de Cálculo COSTOS – ELEMENTOS Anexo D.

ELEMENTOS HARDWARE		COSTO DE COMPRA		PRECIO DE VENTA		
No	Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Valor unitario	Valor total
1			\$	-	\$	-
2			\$	-	\$	-
3			\$	-	\$	-
4			\$	-	\$	-
5			\$	-	\$	-
6			\$	-	\$	-
7			\$	-	\$	-
8			\$	-	\$	-
9			\$	-	\$	-
10			\$	-	\$	-
11			\$	-	\$	-
12			\$	-	\$	-
13			\$	-	\$	-
14			\$	-	\$	-
15			\$	-	\$	-
16			\$	-	\$	-
17			\$	-	\$	-
18			\$	-	\$	-
19			\$	-	\$	-
20			\$	-	\$	-
21			\$	-	\$	-
22			\$	-	\$	-
23			\$	-	\$	-
24			\$	-	\$	-
25			\$	-	\$	-
TOTAL		0	\$	-	\$	-

Fuente. Propia. Octubre de 2013.

- Paso 2.2 – Calculo del Totalizado de Compra.

Después de obtener la lista de costos para cada elemento de la Lista Detallada, se procede al cálculo del totalizado del costo de compra. Para obtener el total del costo de compra por concepto de elementos de la Lista Detallada, se utiliza la plantilla de análisis de costos propuesta en el *Anexo D Hoja: COSTOS – ELEMENTOS*. En la plantilla se clasifican y agrupan cada uno de los elementos y su costo respectivo. Cada elemento tiene asociado un costo unitario y un costo por cantidad que es equivalente a

multiplicar el costo unitario por la cantidad requerida de este elemento. La cantidad requerida de cada elemento es definida en el documento de diseño y debe verse reflejado en la Lista Detallada de Elementos.

La plantilla de análisis de costos, Anexo D Hoja: COSTOS – ELEMENTOS clasifica cada elemento en: Hardware, Software y Adicionales. A partir del costo por cantidad asociado a cada elemento, se calcula el totalizado del costo de compra el cual es equivalente a la sumatoria de todos los costos por cantidad.

Para cada tipo de elementos se define un sub paso procedimental así:

- Paso 2.2.1 – Calculo Totalizado Compra Elementos Hardware.
- Paso 2.2.2 – Calculo Totalizado Compra Elementos Software.
- Paso 2.2.3 – Calculo Totalizado Compra Elementos Adicionales.

3.2.3. PASO 3 – CALCULAR LOS COSTOS DEL PROYECTO

El cálculo de los costos del proyecto requiere la ejecución de los siguientes pasos procedimentales:

Paso 3.1 – CALCULAR COSTOS ASOCIADOS A PRODUCTOS.

Todos los datos de costos asociados a Productos están contenidos en la plantilla del Anexo D Hoja: COSTOS – ELEMENTOS, mediante la cual se hace el análisis de costos. Los costos asociados a productos conllevan los siguientes pasos procedimentales propuestos:

Paso 3.1.1 – Calcular Costos Hardware.

De acuerdo al documento de diseño y la lista detallada de elementos, se establece si el proyecto dentro de la solución propuesta cuenta con requerimientos hardware, si no es así, dejar nulo los ítems relacionados con este campo y pasar al siguiente. Si existen requerimientos hardware en la solución propuesta, establecer los siguientes ítems de cálculo.

- Costo de Compra (unitario/total): el costo de compra es equivalente al cálculo totalizado de compra Hardware del paso 2.2.1.
- Valor de Venta (unitario/total): representa el valor de venta comercial reflejado en el precio ofrecido al cliente final por cada elemento o el total del Costo de Compra.
Establecer el valor de venta para cada elemento asociado a Hardware de acuerdo a las tarifas de venta definidas. Las tarifas de venta pueden ser establecidas elemento por elemento o bien, pueden ser definidas en un grupo de elementos. En algunas ocasiones en las que por acuerdos o planes comerciales el costo de compra y el valor de venta son iguales, de tal manera que haya una reducción en el precio final del proyecto y los márgenes de ganancia sean reflejados en otros campos financieros.
- Margen de Ganancia: después de obtener el costo de compra y el precio de venta se procede a calcular el margen de ganancia por concepto de elementos Hardware, el Margen de Ganancia es equivalente a la diferencia entre el *valor de venta* y el *costo de compra* del bien o servicio vendido.

Margen de Ganancia = Valor de Venta - Costo de Compra.

- Margen Porcentual: finalmente se establece un margen porcentual el cual representa el Margen de ganancia expresado en porcentaje.

Paso 3.1.2 – Calcular Costos Software.

De acuerdo al documento de diseño y la lista detallada de elementos, se establece si el proyecto dentro de la solución propuesta cuenta con requerimientos software, si no es así, dejar nulo los ítems relacionados con este campo y pasar al siguiente. Si existen requerimientos software en la solución propuesta, establecer los siguientes ítems de cálculo.

- Costo de Compra (unitario/total): el costo de compra es equivalente al cálculo totalizado de compra Software del paso 2.2.1.
- Valor de Venta (unitario/total): representa el valor de venta comercial reflejado en el precio ofrecido al cliente final.
Establecer el valor de venta para cada elemento asociado a software de acuerdo a las tarifas de venta definidas. Las tarifas de venta pueden ser establecidas elemento por elemento o bien, pueden ser definidas en grupo de elemento. En algunas ocasiones en las que por acuerdos o planes comerciales el costo de compra y el valor de venta son iguales, de tal manera que haya una reducción en el precio final del proyecto y los márgenes de ganancia sean reflejados en otros campos financieros.
- Margen de Ganancia: después de obtener los totalizados de compra y venta se procede a calcular el margen de ganancia por concepto de software el cual es la diferencia entre el valor de venta y el costo del bien o servicio vendido. Para ello basta con restar: Valor de Venta - Costo de Compra.
- Margen Porcentual: finalmente se establece un margen porcentual el cual representa el Margen de ganancia expresado en porcentaje.

Paso 3.1.3 – Calcular Costos por Elementos Adicionales

De acuerdo al documento de diseño y la lista detallada de elementos, se establece si el proyecto dentro de la solución propuesta cuenta con requerimientos adicionales, si no es así, dejar nulo los ítems relacionados con este campo y pasar al siguiente. Si existen requerimientos adicionales en la solución propuesta, establecer los siguientes ítems de cálculo.

- Costo de Compra (unitario/total): el costo de compra es equivalente al cálculo totalizado de compra Hardware del paso 2.2.1.
- Valor de Venta (unitario/total): representa el valor de venta comercial reflejado en el precio ofrecido al cliente final.
Establecer el valor de venta para cada elemento asociado a elementos adicionales de acuerdo a las tarifas de venta definidas. Las tarifas de venta pueden ser establecidas elemento por elemento o bien, pueden ser definidas en grupo de elemento. En algunas ocasiones en las que por acuerdos o planes comerciales el costo de compra y el valor de venta son iguales, de tal manera que haya una reducción en el precio final del proyecto y los márgenes de ganancia sean reflejados en otros campos financieros.
- Margen de Ganancia: después de obtener los totalizados de compra y venta se procede a calcular el margen de ganancia por concepto de elementos adicionales el cual es la diferencia entre el valor de venta y el costo del bien o servicio vendido. Para ello basta con restar: Valor de Venta - Costo de Compra.
- Margen Porcentual: finalmente se establece un margen porcentual el cual representa el Margen de ganancia expresado en porcentaje.

Paso 3.1.4 – Calcular Subtotal de los Costos asociados a Producto

Una vez determinados los costos por concepto de Hardware, Software y Elementos Adicionales, se determina el totalizado del costo asociado a Producto. El totalizado de costos se obtiene de acuerdo a las sumatorias de cada uno campos establecidos para cada ítem de cálculo, así:

- Total Costo de Compra asociado a Productos (unitario/total): sumatoria de los costos de compra para costos Hardware, Software y Elementos Adicionales.
- Total Valor de Venta asociado a Productos (unitario/total): sumatoria de los valores de venta para costos Hardware, Software y Elementos Adicionales.
- Total Margen de Ganancia asociado a Productos: el margen de ganancia es calculado mediante la diferencia aritmética entre el Total Precio de Venta - Total Costo de Compra. Este valor es la ganancia por concepto de producto dentro del margen de ganancia general del proyecto, y es expresado de acuerdo la moneda en que se hacen las negociaciones del proyecto.
- Total Margen Porcentual asociado a Productos: margen de Ganancia expresado en Porcentaje.

Paso 3.2 – CALCULAR COSTOS ASOCIADOS A TRABAJO

Requerimientos previos: Cronograma de Actividades (Ingeniería de Detalle numeral 2.7.4).

El paso a seguir después de obtener el costo asociado a Producto es calcular el costo de los esfuerzos pronosticados para el desarrollo de las soluciones de ingeniería propuestas. Los cálculos son realizados de acuerdo al tiempo y el cronograma de actividades definido en la etapa de Ingeniería y Diseño.

Los costos asociados a Trabajo son obtenidos mediante la ejecución de los siguientes sub-pasos:

Paso 3.2.1 – Definir las Actividades asociadas a trabajo y los tiempos de ejecución.

La información asociada al cálculo de los costos de ejecución del cronograma de actividades es consignada en la plantilla del análisis de costos propuesta, para información más detallada ver Anexo D.

De acuerdo al cronograma de actividades, se establece si el proyecto dentro de la solución propuesta cuenta con requerimientos asociados a la ejecución de actividades de ingeniería o técnicas. Si el cronograma establece que la solución propuesta no requiere la ejecución de actividades de ingeniería o técnicas, los ítems relacionados con este campo en la plantilla de análisis de costos no serán diligenciados y se procederá con el desarrollo del siguiente paso propuesto.

Si existen requerimientos asociados a la ejecución de actividades de ingeniería o técnicas en la solución propuesta, establecer y diligenciar los siguientes campos e ítems de cálculo en la plantilla de análisis de costos del Anexo D Hoja: ACTIVIDADES. En la Figura 3.31 se muestra como ejemplo la hoja de cálculo para las actividades dimensionadas al perfil de Ingeniería, se cuenta con una distribución similar para el perfil de técnico dentro de la misma hoja ACTIVIDADES.

Figura 3.31. Hoja de Cálculo ACTIVIDADES Anexo D.

	A	B	C	D	E	F	G
	Actividades Ingeniería	Horas de trabajo No Facturables	Horas de trabajo en Sitio	Horas de trabajo Oficina	Hora Dominical, Festiva y Nocturna	Total Horas de Trabajo	Total Horas de trabajo Facturable
1					0	0	0
2					0	0	0
3					0	0	0
4					0	0	0
5					0	0	0
6					0	0	0
7					0	0	0
8					0	0	0
9					0	0	0
10					0	0	0
11					0	0	0
12					0	0	0
13					0	0	0
14					0	0	0
15					0	0	0
16					0	0	0
17					0	0	0
18					0	0	0
19					0	0	0
20					0	0	0
21					0	0	0
22					0	0	0
23					0	0	0
24					0	0	0
25					0	0	0
26					0	0	0
27					0	0	0
28					0	0	0
29					0	0	0
30					0	0	0
31					0	0	0
32	TOTAL	0	0	0	0	0	0

Fuente. Propia. Octubre de 2013.

- Definir la Lista de Actividades. De acuerdo al cronograma de actividades, Las actividades establecidas en las etapas de Ingeniería y de Diseño son consignadas en la plantilla. Se dispone de una columna dedicada a esta información en particular, en donde para las actividades de ingeniería y técnicas se divide la columna de actividades en Actividades de Ingeniería y Actividades Técnicas respectivamente.
- Definir días (horas) de trabajo. De acuerdo al cronograma de actividades establecer la cantidad de horas netas que el proyecto requiere se ejecuten para la consecución de los objetivos y el alcance del mismo. El total de horas requeridas por las actividades definidas para el proyecto está compuesto por los siguientes campos que contienen la clasificación de las horas de trabajo así:

Días (Horas) de trabajo en Sitio. Columna donde se consigna la cantidad de horas que se deben ejecutar en el o los sitios donde que quedará implantada la solución, para cada actividad definir la cantidad de horas que se deben ejecutar en sitio.

Días (Horas) de trabajo en oficina. Columna donde se consigna la cantidad de horas que se deben ejecutar en oficina y por ende no se tendrá previsto cuantificar los costos por traslados a Sitio, para cada actividad definir la cantidad de horas que se deben ejecutar en oficina.

Días (Horas) de trabajo no facturable. Columna donde se consigna la cantidad de horas que se ejecutarán en actividades del proyecto pero que no se recargaran al costo de venta del proyecto pero que si deben ser cuantificadas para calcular el costo que implica ejecutarlas y que repercuten en el margen de ganancia del proyecto. Para cada actividad definir la cantidad de horas que se deben ejecutar en oficina.

Días (Horas) de trabajo dominical, festivo y nocturno. Columna donde se consigna la cantidad de horas que se deben ejecutar en horario no laboral, para cada actividad definir la cantidad de horas que se deben ejecutar en oficina.

Una vez definidos los campos asociados a los diferentes tipos de trabajo definidos, se realiza el cálculo del total de horas de trabajo dividido en dos

campos: Total Horas de Trabajo y Total Horas de Trabajo Facturable. El cálculo es obtenido así:

Calcular total de días (Horas) de Trabajo: El cálculo del total de días se establece mediante la suma de las horas de trabajo en oficina, las horas de trabajo en Sitio y las horas de trabajo no facturable.

Calcular total de días (Horas) de trabajo facturable: El cálculo del total de días se establece mediante la suma de las horas de trabajo en oficina y las horas de trabajo en Sitio.

Paso 3.2.2 – Calcular Costos Asociados a Actividades

El paso a seguir luego de obtener el listado total de actividades y los tiempos dedicados a ejecutar cada una de estas, es el cálculo del costo que implicaría la ejecución de cada una de las actividades en los tiempos dimensionados para ello.

El cálculo de los costos asociados al trabajo y las actividades se realiza mediante el diligenciamiento de los siguientes campos e ítems de cálculo en la plantilla de análisis de costos del *Anexo D Hoja: COSTOS – ACTIVIDADES*. En la Figura 3.32 se muestra en la hoja de cálculo para el costo asociado a Trabajo, esta hoja es un consolidado de costos que genera el costo para la organización de la ejecución de cada una de las actividades, así como la tarifa de venta (Precio de Venta) ofrecida al cliente para la ejecución.

Figura 3.32. Hoja de Cálculo COSTOS – ACTIVIDADES Anexo D.

COSTO ASOCIADO A TRABAJO										
SERVICIO DE INGENIERIA	COSTO DE EJECUCION					PRECIO DE VENTA				
	Días - Jornada Normal	Días - Dominical, Festiva o Nocturna	Costo Unitario hora Jornada Normal	Costo Unitario Dominical o Festiva	Costo Total	Días Facturables Jornada Normal	Días Facturables Jornada Dominical, Festiva o Nocturna	Venta Unitario Jornada Normal	Venta Unitario Dominical o Festiva	Precio de Venta
Ingeniero 1	0	0	\$ 280,806	\$ 491,061	\$ -	0	0	\$ 406,879	\$ 712,038	\$ -
Ingeniero 2			\$ -	\$ -	\$ -	0	0	\$ -	\$ -	\$ -
TOTALES	0	0	\$ -	\$ -	\$ -	0	0	\$ -	\$ -	\$ -

COSTO DE EJECUCION										
SERVICIO TECNICO	COSTO DE EJECUCION					PRECIO DE VENTA				
	Días - Jornada Normal	Días - Dominical, Festiva o Nocturna	Costo Unitario hora Jornada Normal	Costo Unitario Dominical o Festiva	Costo Total	Días Facturables Jornada Normal	Días Facturables Jornada Dominical, Festiva o Nocturna	Venta Unitario Jornada Normal	Venta Unitario Dominical o Festiva	Precio de Venta
Técnico	0	0	\$ 168,127	\$ 234,222	\$ -	0	0	\$ 243,764	\$ -	\$ -
TOTALES	0	0	\$ -	\$ -	\$ -	0	0	\$ -	\$ -	\$ -

Fuente. Propia. Octubre de 2013.

- Definir perfiles y tarifas: De acuerdo a las actividades de ingeniería definidas, asociar para cada actividad una tarifa general, representada de acuerdo al perfil de ingeniería o perfil técnico requerido para la ejecución de manera óptima de las actividades definidas. Dependiendo del proyecto, puede requerirse actividades de ingeniería, actividades técnicas o ambas.

Las tarifas de ingeniería y técnicas son calculadas de acuerdo a varios factores del entorno en el que se ofrecen este tipo de servicios, en este caso los servicios de ingeniería y técnicos que conlleva la ejecución de la mayoría de proyectos de ingeniería.

Los costos incluyen: costos logísticos, costos operativos, costos de entrega; se pueden dividir entre fijos y variables o costo de ventas y costos administrativos. Cualquiera que sea la decisión que tome con respecto al precio, al menos, debe saber el impacto que esta decisión tendrá y así podrá valorar aspectos estratégicos y de contexto competitivo [28].

Los factores claves a la hora de fijar las tarifas son: Costos operativos, Perfiles profesionales, entorno socioeconómico y factores económicos. Todos estos aspectos influyen a la hora de determinar el costo de venta de un servicio, en este caso las tarifas para los perfiles del personal que ejecutará el proyecto. La asignación de las tarifas de ingeniería y técnicas dependerá del ofertante y no están sujetas a ningún procedimiento específico en este capítulo.

Después de obtener el listado de actividades, los tiempos de ejecución, y definir los perfiles y tarifas, asociar cada actividad con un perfil, de tal manera que se pueda cuantificar el trabajo realizado con base al tiempo y el personal requerido.

Los costos de ingeniería para cada actividad definida son definidos realizando los siguientes cálculos:

- Cálculo valor de venta Asociado a Ingeniería: El cálculo del valor de venta se calcula de acuerdo a los siguientes campos para cada actividad.

Costo día (Hrs) STD (estándar) = Total días * Tarifa de ingeniería.

Costo día DF (dominical o festivo) = Total días * Tarifa de ingeniería * 1.75.

Costo Total Ingeniería (unitario/total) = Costo día STD + Costo día DF

Valor venta día STD = Total días * Tarifa de venta.

Valor venta día DF = Total días * Tarifa de venta DF

Valor total de venta Ingeniería (unitario/total) = Valor venta día STD + Valor venta día DF

- Margen de Ganancia: Después de obtener el total del costo de compra y venta, se procede a calcular el margen de ganancia por concepto de ingeniería el cual es la diferencia entre el precio de venta y el costo del bien o servicio vendido. Para ello basta con restar: Costo Total Ingeniería – Valor de Venta Ingeniería.
- Margen Porcentual: Finalmente se establece un margen porcentual el cual representa el Margen de ganancia expresado en porcentaje.

Para cada actividad definida en la Lista de Actividades de ingeniería, proceder a realizar los mismos cálculos de costos mostrados en este numeral.

Después de calcular los costos de ingeniería para cada actividad, continuar con el siguiente paso del procedimiento.

Paso 3.2.3 – Calcular Subtotal de los Costos Asociados a Trabajo

Una vez determinados los costos para cada actividad de ingeniería establecida, se procede al cálculo del totalizado de costos asociados a las actividades de ingeniería. Los totalizados son calculados de acuerdo a la sumatoria de costos de cada actividad así:

Tener en cuenta que si el proyecto no tiene requerimientos de ingeniería asociados, este campo tendrá valor cero de aporte al costo total del proyecto.

- Totalizado Costos (unitario/total): Sumatoria de los costos de ingeniería para cada actividad definida.
- Totalizado Valor de Venta Ingeniería (unitario/total): Sumatoria del valor de venta en cada actividad de ingeniería.
- Totalizado Margen de Ganancia asociado a Ingeniería: Resultado de la diferencia entre Totalizado Valor de Venta ingeniería - Totalizado Costo Ingeniería.
- Totalizado Margen Porcentual asociado a Ingeniería: Margen de Ganancia expresado en Porcentaje.

Paso 3.3 – CALCULAR COSTOS ASOCIADOS A SERVICIOS Y PRODUCTOS DE TERCEROS

De acuerdo a la etapa de Ingeniería Básica y Detallada y al cronograma de actividades, se establece si el proyecto dentro de la solución propuesta cuenta con requerimientos asociados a la prestación de servicios por parte de empresas o personal independiente a la organización o a los ofertantes directos del proyecto.

Si dentro de los requerimientos no existen productos o servicios asociados a terceros, dejar nulo los ítems relacionados con este campo dentro de la plantilla de análisis de costos del Anexo D Hoja: RESUMEN FINANCIERO y continuar con la ejecución del siguiente paso.

Si existen requerimientos de productos y servicios a terceros en la solución propuesta, establecer y diligenciar los siguientes campos e ítems de cálculo en la plantilla de análisis de costos del Anexo D Hoja: RESUMEN FINANCIERO. La Figura 3.33 muestra la tabla dentro de la hoja de cálculo RESUMEN FINANCIERO para el cálculo de los costos asociados a Servicios y Productos de Terceros.

Figura 3.33. Hoja de Cálculo RESUMEN FINANCIERO/Servicios y Productos de Terceros Anexo D.

SERVICIOS Y PRODUCTOS DE TERCEROS		Costo Total	Utilidad aplicada	Venta Total	Ganacia	% Rentabilidad
				\$ -	\$ -	0.00%
				\$ -	\$ -	0.00%
				\$ -	\$ -	0.00%
				\$ -	\$ -	0.00%
				\$ -	\$ -	0.00%
				\$ -	\$ -	0.00%
				\$ -	\$ -	0.00%
SUBTOTAL		\$ -		\$ -	\$ -	0.00%
Descuentos (%)	0%		0%			
TOTAL COSTO ASOCIADO A SERVICIOS DE TERCEROS		\$ -		\$ -	\$ -	0.00%
TOTAL SERVICIOS PROPIOS Y DE TERCEROS		\$ -		\$ -	\$ -	0.00%

Fuente. Propia. Octubre de 2013.

Los costos asociados a Productos son obtenidos mediante la ejecución de los siguientes sub-pasos:

Paso 3.3.1 – Definir la Lista de Servicios de Terceros.

De acuerdo al Documento de Diseño (etapa de Ingeniería Básica y Detallada) y al cronograma de actividades, establecer que productos y servicios deberán ser cubiertos por parte de contratistas del proyecto (terceros), ya sea por estar por fuera de los alcances o enfoques comerciales del ofertante o bien, por representar una mejor opción comercial frente al proyecto.

Los costos asociados a servicios de terceros están representados en los siguientes pasos de cálculo:

Paso 3.3.2 – Definir Tarifas de Servicios Terceros.

De acuerdo a los Servicios de Terceros definidos, asociar para cada servicio requerido el valor de subcontratar este servicio. El valor para cada servicio es determinado de acuerdo a una cotización formal con proveedores de servicios especializados. La cotización debe estar definida en términos de valor por hora de trabajo.

Mediante una cotización formal se realiza cálculo del costo individual y total de cada servicio requerido. El procedimiento continúa mediante la obtención de mínimo 2 cotizaciones formales con diversos proveedores en el mercado, de tal manera que se establezca un cuadro comparativo de precios que permita al usuario discurrir sobre varias opciones y escoger la mejor opción comercial.

Un factor a tener en cuenta además del costo por servicio, es la forma de pago definida por cada contratista consultado. Dentro del análisis de flujo de caja se estipula esta entrada y como resultado se define un nivel de decisión respecto a esta característica comercial.

Si se cuenta con un contratista con preferencias comerciales que está legalmente establecido, definir solo la cotización o las tarifas ofrecidas por el contratista como lista oficial de cotización para los servicios dentro de la lista de servicios de terceros.

Después de obtener la lista de Servicios de Terceros, y definir las tarifas y asociarlas a cada servicio, los costos asociados a Servicios de Terceros para cada actividad definida son establecidos así:

Paso 3.3.3 – Calcular los costos de Servicios de Terceros.

Si existen requerimientos de servicios a terceros en la solución propuesta, establecer los siguientes ítems de cálculo.

- Definir días (horas) de trabajo: definir horas de trabajo por parte del o los contratistas, de acuerdo al cronograma de actividades y el número de horas cotizadas y aprobadas.
- Cálculo costo por Servicio: de acuerdo al número de horas determinadas para los requerimientos de Servicios de Terceros, el cálculo del costo para cada servicio especificado en la Lista, es determinado así:

$\text{Costo Total Servicio (unitario/total)} = \text{Total horas} * \text{Tarifa del servicio.}$

Utilidad Aplicada: Definir porcentaje de utilidad de ganancia del servicio.

$\text{Valor de venta Servicio} = \text{Costo Total Servicio} * (1 + \text{Utilidad Aplicada})$

- Margen de Ganancia: después de obtener el total del costo de compra y venta, se procede a calcular el margen de ganancia por concepto de ingeniería el cual es la diferencia entre el precio de venta y el costo del bien o servicio vendido. Para ello basta con restar: Valor de Venta Servicio – Costo Total Servicio.
- Margen Porcentual: finalmente se establece un margen porcentual el cual representa el Margen de ganancia expresado en porcentaje. Para cada servicio definido en la Lista de Servicios de Terceros, realizar los mismos cálculos de costos mostrados en este numeral. Después de calcular los costos de ingeniería para cada servicio, continuar con el siguiente paso del procedimiento.

Paso 3.3.4 – Calcular los Subtotales de costos asociados a Servicios de Terceros.

Después del cálculo particular a cada requerimiento de servicio de terceros, se procede a realizar el totalizado de costos se realiza un totalizado para los siguientes campos:

Tener en cuenta que si el proyecto no tiene requerimientos de ingeniería asociados, este campo tendrá valor cero de aporte al costo total del proyecto.

- Totalizado Costos (unitario/total): sumatoria de los costos de cada servicio.
- Totalizado Valor de Venta de Servicios (unitario/total): sumatoria del valor de venta en cada servicio.
- Totalizado Margen de Ganancia asociado a Servicios de Terceros: resultado de la diferencia entre Totalizado Valor de Venta de Servicios - Totalizado Costo de Servicios.
- Totalizado Margen Porcentual asociado a Servicios de Terceros: margen de Ganancia expresado en Porcentaje.

Paso 3.4 – CALCULAR COSTOS ASOCIADOS A SERVICIOS Y PROYECTOS:

Estos costos también llamados comunes o generales, son los que no se pueden o no se deben imputar directamente a cada objeto de costo (producto, sección, proceso, servicio). Estos costos deben agruparse en categorías afines para individualizarlos, analizarlos y controlarlos [29].

Estos gastos según los acuerdos comerciales del contrato de trabajo son: Asumidos por el cliente o Asumidos por el ofertante.

Si existen gastos asociados a servicios y proyectos se deben establecer y diligenciar los siguientes campos e ítems de cálculo en la plantilla de análisis de costos del Anexo D Hoja: RESUMEN FINANCIERO. La Figura 3.33 muestra la tabla dentro de la hoja de cálculo RESUMEN FINANCIERO para el cálculo de los costos asociados a Servicios y Proyectos.

Figura 3.34. Hoja de Cálculo RESUMEN FINANCIERO/Costos asociados a proyecto Anexo D.

COSTOS ASOCIADOS A SERVICIOS Y PROYECTOS			
PRESUPUESTALES	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
<i>Transporte a Planta</i>		\$ -	\$ -
<i>Tiquetes Aereo</i>		\$ -	\$ -
<i>Transporte Intermunicipal</i>		\$ -	\$ -
<i>Alojamiento</i>		\$ -	\$ -
<i>Viaticos</i>		\$ -	\$ -
TOTAL			\$ -

Fuente. Propia. Octubre de 2013.

Para el cálculo de los gastos asociados a Servicios y Proyectos se definen los siguientes sub-pasos que representan la clasificación general utilizada para este tipo de costos [32, [33, [24].

Paso 3.4.1 – Estimar costos por Transporte.

El cálculo del transporte a planta debe estar sustentado de acuerdo al cronograma de actividades establecido, con el que se espera se distribuya de la forma más eficiente el flujo de trabajo, intentando que las actividades en planta se extiendan lo menos posible del tiempo determinado en el cronograma.

El cálculo de los costos por transporte requiere la ejecución de los siguientes pasos.

- Definir cantidad presupuestada de visitas a planta: la cantidad presupuestada y estimada es definida de acuerdo al cronograma de actividades, en el que se definen las fechas presupuestadas de traslado a planta para ejecutar las actividades respectivas.
- Valor Unitario: calculo individual del costo representativo de un traslado de acuerdo a la tarifa comercial de transporte urbano que rija en el momento.
- Valor total: el valor total por concepto de transporte es calculado multiplicando el valor unitario por la cantidad presupuestada de visitas a planta.

Paso 3.4.2 – Estimar costos por Desplazamiento Aéreo

El cálculo de costos por compra de tiquetes aéreos para desplazamientos fuera de la ciudad base de desarrollo debe estar sustentado de acuerdo al cronograma de actividades establecido, con el que se espera se distribuya de la forma más eficiente el flujo de trabajo, intentando que las actividades donde se requiera traslado aéreo no se extiendan más del tiempo determinado en el cronograma de trabajo.

El costo por desplazamiento aéreo está representado en el costo y la cantidad de tiquetes requeridos para el desplazamiento y cumplir con el cronograma establecido. De esta manera realizar los siguientes pasos.

- Definir cantidad de tiquetes: la cantidad presupuestada y estimada es definida de acuerdo al cronograma de actividades, en el que se definen las fechas presupuestadas de traslado a planta fuera de la ciudad base de desarrollo para ejecutar las actividades definidas.
Si no se requiere traslado fuera de la ciudad base, no tener en cuenta este campo de cálculo y continuar con la ejecución del siguiente paso.
- Valor Unitario: de acuerdo a la tarifa comercial referente a tiquetes aéreos. Definir teniendo como referencia el documento de Responsabilidades y el cronograma de actividades si el traslado es nacional o internacional.
- Valor total: el valor total por concepto de desplazamiento aéreo es calculado multiplicando el valor unitario por la cantidad presupuestada de viajes.

Paso 3.4.3 – Estimar costos por Alojamiento

El cálculo de costos por alojamiento debe estar sustentado de acuerdo a los días en que se esté por fuera de la ciudad base de desarrollo y se requiera alojar al personal encargado de ejecutar las tareas estipuladas en el cronograma de actividades establecido. El cronograma establece los días necesarios de estadía en la ciudad donde se hará el desarrollo.

El costo por alojamiento está representado en el costo de estadío de acuerdo a los servicios prestados por el sector hotelero. De esta manera realizar los siguientes pasos.

- Definir cantidad presupuestada de días de estadía en el sitio de puesta en marcha del proyecto: la cantidad presupuestada y estimada es definida de acuerdo al cronograma de actividades, en el que se definen las fechas presupuestadas de duración para las actividades definidas.
- Valor Unitario cotizado: de acuerdo a la tarifa comercial referente a alojamiento por día. Definir teniendo como referencia el documento de

Responsabilidades y el cronograma de actividades relacionadas con sitio geográfico donde se hará la puesta en marcha del proyecto.

- Valor total: el valor total por concepto de alojamiento es calculado multiplicando el valor unitario cotizado por la cantidad presupuestada de días de estadía.

Paso 3.4.4 – Estimar costos por Viáticos

El costo por alojamiento está representado en el costo de estadío de acuerdo a los servicios prestados por el sector hotelero. De esta manera realizar los siguientes pasos.

- Definir cantidad presupuestada de días de alojamiento, este dato puede ser tomado del Sub-Paso 3.5.3. Alojamiento.
Si no se requiere traslado fuera de la ciudad base, no tener en cuenta este campo de cálculo y continuar al siguiente paso.
- Valor Unitario: Se establece una tarifa de viáticos diarios en el que se cubran los gastos necesarios para el personal encargado de ejecutar las tareas definidas fuera de la ciudad base de desarrollo.
- Valor total: el valor total es calculado de acuerdo al valor unitario por la cantidad presupuestada de días de alojamiento.

Paso 3.4.5 – Calcular los Subtotales de Servicios y Proyectos.

Después del cálculo particular a cada categoría de los servicios y proyectos, se procede al realizar el cálculo del totalizado de costos asociado a este paso. Se realiza una sumatoria para cada uno de los segmentos definidos así:

- Totalizado Valor Total: sumatoria de costos por concepto de Transporte a planta, tiquetes aéreos, transporte intermunicipal, y alojamiento, viáticos.

Paso 3.5 –CALCULAR COSTOS TOTALES DE PROYECTO

Todos los subtotales calculados en cada paso establecido en el procedimiento de análisis de costos se totalizan para determinar el costo del proyecto y el margen de ganancia. Los valores totalizados son:

- Costo Total: sumatoria de todos los subtotales asociados calculados. (sumatoria de Subtotal de costos asociados a: Producto, Trabajo, Servicios de Terceros, Recuperables del Proyecto y Servicios y Proyectos)
- Valor de Venta Total: sumatoria de los precios ofrecidos al cliente.
- Margen de Ganancia Total: el Margen de ganancia se obtiene de la diferencia entre el Valor de Venta Total y el Costo Total.
- Porcentaje Margen de Ganancia: margen de ganancia expresado en porcentaje.

En el Anexo D Hoja: RESUMEN FINANCIERO se muestra la organización de los costos totales asociados al proyecto.

3.2.4. PASO 4 – EJECUTAR EL ANÁLISIS DE RIESGOS DEL PROYECTO

Mediante el análisis de riesgo se desarrolla, muestra y cuantifica un estudio de las causas de las posibles amenazas y los daños y consecuencias que éstas puedan producir a lo largo de la ejecución del proyecto [32, [33, [24].

El Análisis de Riesgo comprende la ejecución de los siguientes sub-pasos:

Paso 4.1. IDENTIFICAR RIESGOS

El primer paso es generar una lista de los riesgos que se perciben podrían llegar a ocurrir antes, durante y después del desarrollo del proyecto.

La lista general de riesgos es definida en la plantilla de análisis de costos del Anexo D Hoja: Análisis de Riesgos. Enumerar cada uno de los riesgos, el orden de definición de cada uno de los riesgos no necesariamente debe estar relacionado con alguna jerarquía o nivel definido previamente, se deja al usuario la libertad de ordenar la lista de riesgos de acuerdo a la conveniencia del proyecto.

Los riesgos identificados son clasificados en los grupos descritos en el numeral 3.2.4 Análisis de Riesgo.

Paso 4.2. REALIZAR LA VALORACIÓN DE LOS RIESGOS

Una vez definidos y clasificados los riesgos, el paso siguiente consiste en la evaluación y valoración para cada uno de estos riesgos.

El proceso de evaluación es muy simple: se hace la pregunta: ¿Es necesario que el riesgo sea mitigado o no? Si la respuesta es “no” entonces el riesgo es aceptado y no se requiere de ningún procedimiento adicional. Sin embargo, si existe un requerimiento de mitigación, entonces, el riesgo pasa a la siguiente etapa del proceso: el Plan de Acción - Control de riesgos. Por lo general, sólo los factores de alto riesgo pasarán al siguiente paso, sin embargo, esta decisión depende de la criticidad del proyecto en cuestión. Los riesgos que entraran dentro de los planes de mitigación son los que están por encima del porcentaje de calificación aceptado, es decir del nivel de riesgo aceptado.

De acuerdo al resultado de la evaluación de riesgos establecer para cada uno de los riesgos dentro del espectro de control el nivel de ocurrencia asociado. El cálculo del nivel de riesgo se hace mediante la ejecución de los siguientes pasos:

Paso 4.2.1. Establecer niveles de riesgo

En este punto se deben establecer las distribuciones de probabilidad asociadas a la ocurrencia de cada riesgo sujeto al plan de control de riesgos.

Para establecer los niveles de riesgo del proyecto es conveniente organizar la información en una tabla que contenga y asocie a cada riesgo un puntaje y una calificación, de tal manera que se facilite brindar una calificación al proyecto en general. La plantilla análisis de costos del Anexo D Hoja: Análisis de Riesgos permite establecer un nivel para cada riesgo definido en la lista. El nivel de riesgo es definido como se muestra a continuación:

- Criterios asociados a la afectación de los objetivos y actividades del proyecto: como se definió en el numeral 3.2.4 de este documento se establecen 4 grupos para relacionar los objetivos y actividades dentro del proyecto con la lista de riesgos identificada. Cada grupo tiene un peso específico dentro de la ejecución del proyecto. La plantilla establece una casilla para definir el peso específico en términos de porcentaje de afectación para cada grupo, por defecto cada grupo se establece un 25% de 100%.
- Nivel de Riesgo: probabilidad de que el riesgo ocurra si no se toma ninguna acción de mitigación. El nivel de riesgo está dividido en: Puntaje y Calificación. El puntaje está determinado en una escala de 1 a 10, de acuerdo a este puntaje se establece si el riesgo es Bajo, Medio o Alto. Las equivalencias de porcentajes son definidas así:

Menor o igual a 4: Riesgo alto.

Entre 5 y 7: Riesgo medio.

Mayor de 7: Riesgo bajo.

- Total: finalmente obtener el total del puntaje mediante el promedio de todos los puntajes asociados a las variables de riesgo establecidas. De acuerdo a este puntaje total se asigna una calificación de acuerdo a las equivalencias de porcentaje: Alto, Medio y bajo.

Finalmente al establecer los niveles de riesgo y su calificación, se procederá a establecer el plan de mitigación de riesgos para los riesgos con calificación de Alto.

Paso 4.3. PLAN DE ACCIÓN – CONTROL DEL RIESGO.

Una vez las situaciones de alto riesgo se han puesto de manifiesto, entonces es posible preparar los planes y medidas para superarlas. Se debe tener en cuenta que no siempre es posible eliminar el riesgo, ya que esto puede ser imposible o requiere demasiado esfuerzo, sin embargo, un adecuado plan de trabajo y mitigación asegura que el impacto del riesgo es gestionado y aceptable.

En este paso se definen los siguientes campos.

- Acción para mitigar cada uno de los riesgos definidos en el paso 1.
- Responsable de realizar la acción de mitigación para cada uno de los riesgos en el paso 1.
- Costo de realizar la acción de mitigación.
- porcentaje de ocurrencia de la acción
- Riesgo neto: Multiplicar el Riesgo Bruto por el Porcentaje de ocurrencia de la acción.
- Mitigado neto

3.3. RESUMEN CAPITULO 3

El capítulo 3 consiste en la descripción conceptual y practica del procedimiento de análisis de costos propuesto, primero se describe conceptualmente el procedimiento de manera que se proponga una introducción al contenido general de un análisis de este tipo, exponiendo las herramientas y técnicas para el desarrollo. Para más información revisar el Anexo D y el Anexo E.

Posteriormente se describen los pasos prácticos del procedimiento y la interacción general con las herramientas propuestas. Finalmente todos los cálculos del proyecto Sistema de Corte de Pastón de la ladrillera La Sultana S.A. se consignaron en formato digital en el Anexo F.

4. PROPUESTA TÉCNICO COMERCIAL

A continuación se hace una descripción detallada de la estructura formal de una propuesta técnico comercial para un proyecto de automatización. Las partes que conforman la estructura de la propuesta técnico comercial contienen una recopilación de toda la información generada en los diferentes estudios y análisis realizados en las fases de diseño y valoración de la o las propuestas de solución. Esta recopilación se considera como la presentación, definición y conclusión final de los estudios de ingeniería y de costos realizados sobre el problema y la solución que son inherentes al desarrollo del proyecto.

La propuesta técnico comercial está conformada por detalles técnicos y comerciales que proporcionan un sustento y una base teórica a la solución planteada al cliente. No obstante, se debe tener claro que el documento que se propone establecer es una propuesta ante todo, de carácter comercial, con la que se pretende vender un producto o un servicio, de esta manera, toda propuesta comercial debe seguir la técnica AIDA [35], que es el paradigma de la persuasión en textos escritos: atención, interés, desarrollo y acción. Es decir, lo primero es captar su atención, después despertar su interés para entrar en el desarrollo de la idea o del servicio y, finalmente, pasar a la acción, que es el momento del presupuesto y de los plazos de ejecución [30].

De acuerdo a las entrevistas y asesorías generales hechas por trabajadores del sector industrial y más específicamente en el sector de la automatización industrial, se establece una estructura formal de presentación de una propuesta técnico – económica [24],[32],[33]. A nivel Macro la estructura definida contiene los siguientes segmentos:

- Resumen Ejecutivo del Proyecto
- Descripción de la Solución Propuesta
- Responsabilidades
- Programación y Plazo
- Información Comercial

La estructura y el formato de presentación de la propuesta de automatización son descritos a continuación:

4.1. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

El resumen ejecutivo es una síntesis de los puntos más importantes que conforman un plan de negocios, por lo que constituye la primera parte del mismo; sin embargo, debe ser elaborado al final del proyecto [31].

El objetivo que se persigue con la elaboración de un resumen ejecutivo, es que el lector tenga una visión general del plan de negocio, así como que logre una comprensión e interés en el proyecto, y en seguir leyendo el resto de las partes que conforman el plan [31].

El desarrollo del resumen ejecutivo para un proyecto en términos generales contiene la siguiente información [32]:

- Los datos básicos del proyecto: el nombre del proyecto o negocio, su ubicación, el tipo de empresa, etc.
- La descripción del negocio, ámbito de la aplicación: en qué consiste el negocio, el producto o el servicio que se va a ofrecer, cuáles son sus principales características.

- Las razones que justifican la propuesta del negocio: las razones por las que se ha encontrado atractiva la idea de negocio, es decir, las razones por las que se ha considerado la idea como una oportunidad de negocio.
- El equipo de trabajo: Las personas que llevarán a cabo el proyecto y las que lo administrarán.

Adicionalmente, un resumen ejecutivo de proyectos de automatización debe contener información enfocada a las propuestas de solución que se pretenden ofrecer y adicionales inherentes a las soluciones en automatización industrial que se ejecutarán [32, [33].

4.2. SOLUCIÓN PROPUESTA

Después de presentar un enfoque general del proyecto al cliente o al usuario final, se procede a una presentación más específica y técnica de la solución en automatización. En esta parte del documento de Propuesta Comercial, se reúne la información de la etapa de Ingeniería de Diseño y Básica que dan la base técnica a la solución. La información contenida es descrita a continuación.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Describir de forma general los entregables, representados en elementos técnicos, servicio técnico y de ingeniería. Primero realizar un resumen de los elementos más importantes requeridos dentro de la solución propuesta, los servicios técnicos ofrecidos y la configuración general del sistema. Se hace una descripción general de la arquitectura de control.

4.2.2 LISTA DETALLADA DE EQUIPOS

De acuerdo al desarrollo de la etapa de Ingeniería 2.6.7. LISTA DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS anexar la Lista detallada de elemento dimensionados para la solución propuesta. En este punto aún no es necesario especificar costos o precios dentro de la lista.

4.3. RESPONSABILIDADES

Las responsabilidades involucran a todas las partes que intervienen el proyecto propuesto. Dentro de la ejecución del proyecto se observan dos partes, los ofertantes del proyecto y el cliente. Dentro de la parte de los ofertantes están los responsables directos del desarrollo del proyecto, esto cubre también contratistas. En la parte del cliente están los beneficiarios directos de la solución implementada [32, [33].

De esta manera las responsabilidades están asignadas tanto al ofertante como al cliente así:

4.3.1. RESPONSABILIDADES DEL OFERTANTE

Dentro del documento de Propuesta Comercial se deben aclarar las responsabilidades a groso modo, que el desarrollador del proyecto adquiere si se aprueba la propuesta comercial presentada. Definir dentro de la oferta Técnico-Comercial los siguientes puntos de control.

- Servicios de Ingeniería: De acuerdo al cronograma general de actividades descrito en el numeral 2.7.5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES, describir el alcance de los servicios de ingeniería que se desarrollarán dentro del proyecto. Dentro de la lista y el cronograma de actividades se deben asignar los tiempos para la ejecución de las pruebas generales para el sistema de solución diseñado.

- Documentación a Entregar: Definir la documentación necesaria para soportar el desarrollo del proyecto. El listado de Documentos es establecido en la etapa de Ingeniería Conceptual y Básica.
- Control de Cambios en el Alcance: De acuerdo al alcance del proyecto, enmarcado por las actividades de desarrollo y gestión establecidas, se deben definir protocolos para el manejo de actividades que estén por fuera del alcance definido. Es importante aclarar al cliente que cualquier cambio o actividad por fuera del alcance aprobado, será inmediatamente identificado por el equipo de trabajo.

La implementación del documento de control de cambios previene retrasos en el cronograma debido a cambios en el alcance del trabajo y ayuda a controlar los costos del proyecto. Un estimado de costos, una reestructuración del alcance, y un nuevo cronograma serán realizados cuando un cambio en el alcance sea identificado. Para proteger la integridad del proyecto desde ambas perspectivas, los costos y el cronograma, un cambio o alteración del orden o una aceptación por escrito darán inicio a la implementación del cambio identificado.

- Definición de actividades de Inicio: Definir las actividades de inicio contempladas para el proyecto. Las actividades de inicio están definidas por una Reunión de Arranque y una actividad de Gerencia del proyecto, en estas actividades se define los siguientes puntos:

Reunión de Inicio: Para la actividad de arranque del proyecto se definen: participantes por parte del ofertante, Cronograma de Actividades, Documento de diseño, Alcance, Aspectos no definidos en la oferta, Procedimientos de seguimiento del proyecto.

Socialización del grupo de trabajo involucrado en la ejecución del proyecto. Descripción de los cargos profesionales.

Socialización de los límites del alcance del proyecto. Mediante el documento de alcance, presentar y aclarar los límites y objetivos frente a las partes interesadas. El documento de alcance debe ser aceptado por las partes y realizar las legalizaciones de rigor necesarias.

Definición de los canales de comunicación dispuestos para la gestión y administración bilaterales del proyecto.

- Servicios no cubiertos: Establecer un listado de servicios no cubiertos, de tal manera que se dé a conocer al cliente todos los servicios que no hacen parte del alcance de la solución propuesta. Mediante esta lista de servicios no cubiertos se realizara el seguimiento del control de cambios y se podrá tener un sustento formal de todas las actividades que podrían ser consideradas como adicionales dentro de la ejecución del proyecto, esto facilitaría una negociación de costos por concepto de adicionales.

4.3.2. RESPONSABILIDADES DEL CLIENTE

Establecer los compromisos comerciales, técnicos y de logística, que son responsabilidad del cliente para facilitar y lograr el cumplimiento del alcance y los objetivos del proyecto, así como la ejecución de las actividades del cronograma de trabajo. Definir dentro de la oferta Técnico-Comercial los siguientes puntos de control.

- Personal de apoyo: Proporcionar el listado de las personas involucradas en el desarrollo del proyecto por parte del cliente. El personal de apoyo debe estar estructurado de acuerdo a las áreas de trabajo dentro del proyecto, así:

Solicitar el listado de las personas que brindaran apoyo técnico al personal de desarrollo y ejecución técnica del proyecto.

- Mantenimiento y utilización del Sistema. Establecer las responsabilidades de uso por parte del cliente respecto al sistema. Definir actividades de capacitación, tratamiento de errores y buenas prácticas de usabilidad.
- Definir lista de responsabilidades del cliente: Establecer un listado de actividades técnicas y comerciales a las que el cliente se compromete, a fin de ayudar a la ejecución del proyecto.

4.4. PROGRAMACIÓN Y PLAZO

De acuerdo al Cronograma de Actividades estipulado, se definen las actividades, el personal de ejecución en ambas partes, imprevistos y el plazo de entrega final. Se deben estipular los plazos de entrega asociados a documentación técnica requerida por parte del cliente y los permisos y concesiones requeridos de trabajo.

El cronograma debe ser validado por personal capacitado en ambas partes. El cual aprobara cada una de las actividades estipuladas y realizara cambios si así se requiere.

4.4.1. LISTA DE ACTIVIDADES

Mostrar la lista de actividades dimensionada en la etapa de Ingeniería de Detalle de este mismo documento. La lista de actividades debe estar acompañada del cronograma de actividades respectivo, de tal manera que se formalice y se expongan los tiempos de entregas para cada actividad, ya sea Micro o Macro.

4.4.2. SUPUESTOS ACLARACIONES Y EXCEPCIONES

Dentro de esta sección se deben aclarar todos los aspectos no negociados formalmente o que no se tienen contemplados, de tal manera que el cliente acepte o refute alcances por fuera de sus necesidades.

Estas aclaraciones están sujetas a cambios durante la aprobación de la propuesta Técnico – Comercial. Una vez se genere la orden de compra respectiva se da por sentado la aceptación de todos los supuestos, aclaraciones y excepciones descritas y formalizadas en este numeral.

4.5. INFORMACIÓN COMERCIAL

Finalmente, posterior a la formalización y aclaración de los acuerdos legales y compromisos acordados por las partes involucradas en el desarrollo del proyecto, se hace la presentación del estudio de costos realizado en el Capítulo 3 de este documento. La información comercial es presentada así:

4.5.1. INVERSIÓN

Estipular los elementos incluidos en el precio total de la oferta presentada. Los elementos y servicios asociados al valor total a presentar en la propuesta técnico económica hacen referencia a los equipos y servicios dimensionados dentro de la etapa de diseño de la solución y el análisis de costos. En este ítem se aclara la moneda en que se realiza la transacción.

4.5.2. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Finalmente, dentro de la propuesta técnico – comercial se expone directamente el precio total ofertado al cliente por el desarrollo del proyecto. Este precio incluye el resumen financiero de todos los costes asociados al proyecto. El cálculo del Costo total del proyecto es formalizado en la propuesta técnico – comercial de acuerdo a los valores del resumen financiero calculado mediante las funcionalidades del Anexo F Hoja: RESUMEN FINANCIERO.

4.5.3. GASTOS

Es importante mencionar y formalizar que cualquier gasto adicional al costo total del proyecto, cuya causa sea ajena al ofertante, será tratado como un gasto por fuera del alcance y el cliente debe asumir la responsabilidad económica del mismo. Debe estar aclarado en este ítem a fin de formalizarlo como acuerdo legal, de lo contrario los gastos podrían ser solventados del costo total del proyecto.

4.5.4. PROGRAMACIÓN DE FACTURACIÓN

Establecer los plazos de la facturación. Los plazos y porcentajes de pago están ligados a las actividades definidas en el cronograma de trabajo. De esta manera al culminar actividades principales o críticas de trabajo se generan porcentajes de cumplimiento que son facturables.

Es conveniente generar una tabla que consigne los plazos de facturación, en donde se establezcan: Numero de plazos, Porcentaje de pago asociado al plazo y el acumulado del porcentaje de pago. De esta manera se lleva un control de Flujo de Caja asociado al proyecto y a las actividades técnicas de avance realizadas.

Si se requiere, estipular los términos y condiciones de pago.

4.6 RESUMEN Y DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Una vez definida la información técnica, comercial y administrativa como se propone en este capítulo, se genera el documento formal de propuesta Técnico – Comercial. Este documento generado será el resumen general de toda la etapa de Ingeniería y Análisis de Costos del proyecto, integrando una descripción técnica de la solución con un análisis de costos asociado a la misma.

La propuesta formal definida para el caso de uso y el problema analizado esta consignada en el Anexo G “PROPUESTA TÉCNICO – COMERCIAL”. Este documento formal será presentado a LA SULTANA S.A. en cabeza del ingeniero Oliverio Cubillos para su evaluación y aceptación.

CONCLUSIONES

El presente documento presentó de forma detallada los procesos que se llevan a cabo en la elaboración de ladrillos en la etapa de moldeo y corte, así como una reseña histórica del mismo.

Se hizo una documentación del proceso de moldeo y corte de pastón presente en la ladrillera “La Sultana” planta 1, describiendo conceptualmente cada uno de los subprocesos que lo componen y realizando el modelado ISA S88, obteniendo los modelos de proceso, físico y de control procedimental.

Se efectuó un análisis profundo del modelado ISA S88 realizado al proceso de moldeo y corte de pastón de la ladrillera “La Sultana” planta 1, el cual permitió vislumbrar el problema de reprocesamiento de material y obtener los requerimientos técnicos para la solución propuesta.

Mediante el desarrollo de los modelos ISA 88.01 para el estudio de ingeniería conceptual, se evidenció el problema de reprocesamiento de material en el proceso de moldeo y corte de pastón en la ladrillera “La Sultana”. Esto confirma la utilidad de dichos modelos no solo para la normalización de los procesos industriales, sino también para la detección de posibles mejoras en los procesos de producción industriales.

Las normas internacionales ISA S88 e ISA S5 fueron de gran ayuda en la realización del estudio de ingeniería conceptual, básica y detallada del cual se obtuvo una propuesta técnica de solución con la instrumentación respectiva, diagramas y planos técnicos.

La automatización de un proceso industrial implica la apropiación y familiarización estrecha de la naturaleza del mismo (obteniendo con el mayor detalle la información que describe el sistema) aparte de los conocimientos en instrumentación, control, automatización y normas técnicas, pues de esta manera se tiene una visión amplia de lo que se puede y se quiere hacer, además las necesidades reales serán vislumbradas, traduciéndose ello en el desarrollo de una solución óptima, funcional y viable.

Para la elaboración de la propuesta de solución al problema de reprocesamiento de material presente el proceso de moldeo y corte de pastón en la ladrillera “La Sultana” se realizó un análisis de costos teniendo en cuenta los elementos hardware, software, de personal y de tiempo involucrados en el proyecto. También se consideró los posibles costos asociados al riesgo que se corre en la ejecución de un proyecto de este tipo y su impacto en el costo total.

Para el desarrollo del análisis de costos de la propuesta de solución al problema de corte de pastón de la ladrillera “La Sultana” se requirió de estudios que brindaron una base técnica del mismo, estos estudios fueron necesarios para establecer el alcance, la programación de actividades, la lista detallada de elementos de control e instrumentación, entre otros. Esta información fue generada mediante los estudios de Ingeniería Conceptual, Básica y Detallada.

La estructuración y obtención de los costos asociados al desarrollo del presente proyecto de ingeniería y en general de cualquier proyecto de inversión es una parte esencial para asegurar la viabilidad económica del mismo teniendo en cuenta la viabilidad técnica de de la solución que se desea implementar.

Como producto del presente proyecto de pregrado se obtuvo una propuesta técnico comercial para la optimización del proceso de moldeo y corte de pastón de la ladrillera “La Sultana”. Los resultados obtenidos en la ejecución de este proyecto permitieron adquirir una base de conocimientos con referencia al procedimiento regular que debe ser desarrollado en la realización de un proyecto de ingeniería en automatización.

Las partes que conforman la estructura de la propuesta técnico comercial contienen una recopilación de toda la información generada en los diferentes estudios y análisis realizados en las fases de diseño y valoración de la o las propuestas de solución. Esta recopilación se considera como la presentación, definición y conclusión final de los estudios de ingeniería y de costos realizados sobre el problema y la solución que son inherentes al desarrollo proyecto.

La propuesta técnico comercial obtenida del presente trabajo de pregrado está conformada por detalles técnicos y comerciales que proporcionan un sustento y una base teórica a la solución planteada al cliente. Se debe tener claro que el documento que se propone establecer es una propuesta ante todo, de carácter comercial, con la que se pretende vender un producto o un servicio.

Con el desarrollo de la propuesta técnico comercial para la optimización del proceso de moldeo y corte de pastón de la ladrillera “La Sultana”, se pretende disminuir el porcentaje de material reprocesado, que actualmente es de un 17%, hasta un 6% sin afectar la dinámica de producción vigente, aumentando así la eficiencia del proceso y al mismo tiempo disminuyendo los costos de producción.

El desarrollo de un proyecto de ingeniería en automatización industrial implica diversas actividades, que están directamente relacionadas con el logro de objetivos y con tiempos cortos de desarrollo. El uso de un procedimiento permitirá satisfacer estos requerimientos, además de la reducción de riesgos tanto económicos como técnicos.

El desarrollo de este trabajo de grado permitirá a los estudiantes, profesores e investigadores, pertenecientes al programa de Ingeniería en Automática Industrial de la Universidad del Cauca, diseñar propuestas técnicas y comerciales, con formato y orden, para proyectos de automatización industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FinamacThe Finest Automated Machine. LA IMPORTANCIA DE LA AUTOMATIZACIÓN EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES. Página web oficial: <http://www.finamac.com.br>(Consultada en julio de 2012).
- [2] ULLOA, Lipcia Munguía y, PROTTI, María Auxiliadora. Investigación de Operaciones. Editorial EUNED, 1994.
- [3] Arq. BIANUCCI, Mario Averardo. Artículo: “EL LADRILLO– Orígenes y Desarrollo”. Cátedra de introducción a la tecnología, área de la tecnología y la producción. FAU-UNNE – 2009. Publicado en la página web: <http://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2012/02/el-ladrillo-2009.pdf>(Consultada en abril de 2012)
- [4] Producción y comercialización del ladrillo en Colombia. Artículo consultado en la página web:<http://www.monografias.com/trabajos14/ladrillocolomb/ladrillocolomb.shtml>(Consultada en mayo 2013)
- [5] MOLA, Pujol Manel. “Viabilidad, Planificación e Implantación de una Industria de Materiales Cerámicos para la Construcción en Cataluña”. Escuela Politécnica Superior de Edificación de Barcelona – Universidad Politécnica de Cataluña. Ingeniería en Organización Industrial, junio de 2010.
- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10945/2/2.%20ESTUDIO%20PLANIFICACION.pdf>
- [6] Artículo: “Como se fabrican los ladrillos”. Publicado en la página web:<http://ladrillos.es/como-se-fabrican-los-ladrillos/>(Consultada en mayo de 2012)
- [7] Ladrillera Industrial Agua Caliente S.A. “Proceso de Elaboración”. Presentación consultada en la página web:http://ladrilleraaguacaliente.com/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=254 (Consultada en mayo 2013)
- [8] Tesis: “Rediseño de los procesos productivos mediante reconversión tecnológica para las pequeñas ladrilleras, (asociadas a ANAFALCO), ubicadas en el parque minero industrial El Mochuelo, localidad de Ciudad Bolívar, utilizando la ladrillera LUISBOR como base de estudio”. Publicado en la página web:
- <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis146.pdf>(Consultada en mayo de 2012)
- [9] GUZMÁN, Juan Carlos.Documento de procesos para la fabricación de ladrillos.Ladrillera “La Sultana” (Planta 1), mayo de 2013.
- [10] Ladrillera “La Sultana – Bloques Ladrillos y Acabados Cerámicos S.A.”(Planta 1).
- [11] Capítulo 1, texto guía II “Generalidades y últimas tendencias”. Curso de instrumentación y control. Departamento de ingeniería en automática industrial. Popayán 2013.
- [12] ANSI/ISA-S88.01-1995. Batch Control, Part 1: Models and Terminology. TheInstrumentation, System and AutomationSociety. 1995.
- [13] GUZMAN, Juan Carlos. Ingeniero de planta de la ladrillera “La Sultana”. Entrevistarealizada en enero de 2013.

- [14] ISA-95: the international standard for the integration of enterprise and control systems.
- <URL: <http://www.isa-95.com/index.php>>
- [15] Controladores Lógicos Programables. Presentación P.L.C. pdf. Presentación consultada en la página web: <http://automatica.mex.tl/imagesnew/5/0/1/4/2/Presentaci%C3%B3n%20P.L.C..pdf>
- [16] HERRAMIENTAS DE CONFIGURACIÓN Y SELECCIÓN. Presentación consultada en la página web: <http://www.rockwellautomation.com/es/e-tools/overview.page>
- [17] MicroLogix 1400 Programmable Controllers. User Manual. Controller Input and Output Description.
- [18] Dal Y. Ohm. "SELECTION OF SERVO MOTORS AND DRIVES". Drivetech, Inc, febrero de 2006.
- [19] Kinetix 350 Single-axis EtherNet/IP Servo Drives. User Manual. About the Kinetix 350 Drive System.
- [20] ROTARY ENCODER (INCREMENTAL TYPE) E50S/E50SP SERIES. Manual. Specifications.
- [21] Power Flex 520-Series AC Drive Specifications. Technical Data. Technical Specifications.
- [22] 1606-XLP72E with DC 24...28V/72W. Application Note.
- [23] PanelView Component HMI Terminals. User Manual.
- [24] IDROBO, Juan Manuel. Project Engineer. Rockwell Automation Andean Region "Automatización de Procesos e Inteligencia de Planta" <http://www.rockwellautomation.com.co> jmidrobo@ra.rockwell.com. Entrevista realizada en Mayo de 2013.
- [25] Borjas, Juan. & Lotero, Marvin. Estudio Económico de un Proyecto. [Libro en línea]. Consultado el día 27 de Junio de 2013 de la World Wide Web: <http://www.slideshare.net/guest3120c24/trabajo-de-estudio-economico-y-financiero-de-un-proyecto-3063356>
- [26] Contratación de Servicios a Terceros. (2008). <http://www.idisc.net/en/Publication.333.html>
- [27] R. D. McDowall. Risk Management for Laboratory Automation Projects. McDowall Consulting, Kent, United Kingdom. Abril de 2004.
- [28] CÓMO CALCULAR EL PRECIO DE UN PRODUCTO O SERVICIO. Presentación consultada en la página web: <http://pymerang.com/gestion-y-administracion-de-negocios/marketing/124-como-calcular-el-precio-de-un-producto-o-servicio>
- [29] SOTO, José Luis. DISTINTOS TIPOS DE COSTOS EN LAS EMPRESAS. Catedra de Costos, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional del Nordeste.

- [30] MENDEZ, García Isabel. "Cómo redactar una propuesta comercial atractiva". Abril de 2009. Publicado en la página web:
http://elcofredelucia.com/index.php?option=com_content&id=127:comoredactarpropuestacomercial&catid=17:ventas&Itemid=30 (Consultada en Agosto de 2013)
- [31] AGUIRRE, Alemán, María Guadalupe. GUÍA PARA ELABORAR UN RESUMEN EJECUTIVO. Universidad Veracruzana. Mayo de 2011.
- [32] PEREZ, María Fernanda. Ingeniería Comercial. TREEtek Colombia "Automatización de Procesos e Inteligencia de Planta"
<http://www.treetek.com.co/index.html> mperez@treetek.com. Entrevista realizada en Agosto de 2013.
- [33] GOMEZ, Angela Marcela. Ingeniería Comercial. Rocatek Empresa de Automatización y Control Industrial en Colombia. <http://www.rocatek.com/angela.gomez@rocatek.com>. Entrevista realizada en Agosto de 2013.
- [34] DAHL, Johan. Factory acceptance test FAT and site acceptance test SAT work instructions for electrical and automation systems in a power plant. NOVIA University of Applied Science. Mayo de 2013.
- [35] THOMPSON, Ivan. Técnicas de Venta (Basadas en el Modelo Aida). Septiembre de 2013. Publicado en la página web:
<http://www.promonegocios.net/venta/tecnicas-venta.html> (Consultada en Agosto de 2013)