

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO

ANGEL LUIS REYES HERRERA
EVER DAVID VERGARA BALDOVINO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.
2016

AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO

ANGEL LUIS REYES HERRERA
EVER DAVID VERGARA BALDOVINO

TRABAJO DE GRADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES.

DIRECTOR
JOSE LUIS VILLA, PhD

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.

2016

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

CONTENIDO

Pág.

| | |
|---|----|
| CONTENIDO | 4 |
| LISTA DE TABLAS | 5 |
| LISTA DE GRÁFICAS | 6 |
| LISTA DE FIGURAS | 7 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 9 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 10 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 10 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 11 |
| 4. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO | 12 |
| 4.1. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN..... | 12 |
| 4.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO..... | 19 |
| 4.3 PROCESO PRODUCTIVO (QUESO FRESCO) | 20 |
| 4.5 TECNOLOGÍA EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO..... | 23 |
| 4.6 CONTROL DE CALIDAD | 30 |
| 6. DESCRIPCIÓN DE DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL PROYECTO..... | 41 |
| 6.1 ALCANCE DEL PROYECTO | 42 |
| 6.2 COSTOS | 43 |
| 6.3 BENEFICIOS ESPERADOS | 45 |
| 7. DISEÑO DE SOFTWARE | 48 |
| 7.1 DIAGRAMA DE FLUJO..... | 48 |
| 8. CRONOGRAMA..... | 51 |
| 9. CONCLUSIONES..... | 52 |
| 10. BIBLIOGRAFIA..... | 53 |
| 11. ANEXOS..... | 54 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Características técnicas del autómata. | 32 |
| Tabla 2. Características del sensor de temperatura | 33 |
| Tabla 3. Especificaciones técnicas de la pantalla. | 34 |
| Tabla 4. Características técnicas del tanque. | 35 |
| Tabla 5. Características del pasteurizador. | 41 |
| Tabla 6. Costos proyecto de automatización. | 44 |
| Tabla 7. Utilidad de la implementación de automatización de proceso de elaboración de queso. | 47 |
| Tabla 8. Tabla 8. Beneficios de la implementación de automatización de proceso de elaboración de queso. | 47 |
| Tabla 9. Retorno a la inversión | 48 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | Pág. |
|--|------|
| Grafica 1. Descripción del proceso de elaboración de queso. | 27 |
| Grafica 2. Subrutina del proceso de la elaboración de queso. | 49 |
| Grafica 3. Subrutina del proceso de Pausterización. | 50 |
| Grafica 4. Subrutina del proceso de corte de cuajada. | 51 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Esquema básico de calentamiento de la leche | 13 |
| Figura 2. Esquema básico de pasteurización rápida | 15 |
| Figura 2. Recorrido de la leche por el intercambiador | 16 |
| Figura 3. Intercambiador de calor de placas | 17 |
| Figura 4. proceso básico de ultra pasteurización y esterilización de la leche | 19 |
| Figura 6. Autómata seleccionado – Plc Siemens S7-1200 | 31 |
| Figura 7. Sonda de temperatura PT-100 | 33 |
| Figura 8. Pantalla HMI | 34 |
| Figura 9. Tina Quesera Mecánica Doble Fondo | 36 |
| Figura 10. Lira para corte Verticales y Horizontales | 37 |
| Figura 11. Moldes para queso fresco | 38 |
| Figura 12. Equipo automático para pasteurizar | 39 |
| Figura 13. Prensa neumática para quesos | 40 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|------|
| Anexo A. Especificaciones técnicas del autómata | 89 |
| Anexo B. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura. | 90 |
| Anexo C. Especificaciones técnicas de HMI | 95 |

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la competencia en el mercado, muchas empresas se han visto en la obligación de agilizar y mejorar la producción y calidad de sus productos por medio de tecnología avanzada.

En Colombia el desarrollo tecnológico ha evolucionado de manera notable y por ello, la calidad de un producto debe ser el resultado de un proceso ágil, confiable y de calidad.

Siendo el queso costeño un producto lácteo fermentado consumido tradicionalmente en la costa atlántica, y que debido a la creciente demanda de consumidores de productos naturales, en donde buscan que estos contengan menos o ningún aditivo, fue lo que motivó a la investigación por proponer un sistema que permita la automatización del proceso en la elaboración del queso costeño ofreciendo un producto de alta calidad y satisfacción, teniendo en cuenta que el proceso en gran proporción se realiza tradicionalmente de forma manual.

En este trabajo se detallan la descripción y la justificación del problema existente en las pequeñas y medianas empresas de fabricación del producto y la solución a éste como aporte ingenieril.

La metodología que se utilizará, se basa en la automatización por medio de un PLC (Controlador lógico Programable), logrando el mejoramiento del proceso de elaboración y producción con tecnología de vanguardia que sea asequible a la pequeña y mediana industria.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Automatizar el proceso de elaboración de queso costeño, para mejoramiento de la producción.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar los equipos adecuados para implementar el sistema de control automatizado para el proceso de elaboración de queso.
- Plantear un tablero de control e interfaz HMI donde se centralice las variables físicas y las señales de los actuadores presentes en el proceso.
- Desarrollar la programación del sistema de PLC, que optimice y mejore el proceso de producción.

3. JUSTIFICACIÓN

La tendencia en la industria es hacer más eficientes sus procesos de producción mediante la automatización para facilitar la elaboración y mejorar de la producción con controles manuales, semiautomáticos y automáticos. Este trabajo tiene como fin brindar una solución en el proceso de elaboración de queso costeño.

Desde el punto de vista económico y funcional para las empresas de fabricación de queso, es más conveniente el diseño de secuencias propuesto, pues para el desarrollo de la producción en cualquier negocio, se hace necesario contar con la tecnología si es que se desea crecer competitivamente en la industria nacional.

El diseño propuesto agiliza los tiempos y movimientos del proceso de fabricación de queso, disminuye los costos y aumenta la producción de tal manera, que puede ampliar su cobertura de mercado con la seguridad de que sus productos son de óptima calidad y que puede cumplir con las demandas requeridas.

El cual se automatizará mediante un PLC (Controlador lógico Programable), logrando el mejoramiento del proceso de elaboración y producción con tecnología de vanguardia que sea asequible a la pequeña y mediana industria.

4. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

A continuación, se presentará el proceso de producción que se lleva a cabo en el tratamiento de la leche para su procesamiento.

4.1. PROCESO DE PASTEURIZACIÓN

Para destruir los microorganismos de la leche es necesario someterlos a tratamientos térmicos, ya se vio que la temperatura puede ocasionar transformaciones no deseables en la leche, que provocan alteraciones de sabor, rendimiento, y calidad principalmente.

El proceso de pasteurización fue idóneo a fin de disminuir caso toda la flora de microorganismos saprofitos y la totalidad de los agentes microbianos patógenos, pero alterando en lo mínimo posible la estructura física y química de la leche y las sustancias con actividad biológica tales como enzimas y vitaminas.

La temperatura y tiempo aplicados en la pasteurización aseguran la destrucción de los agentes patógenos tales como *Mycobacterium*, tuberculosis, Brucellos, Salmonellas, etc., pero no destruye los microorganismos mastíticos tales como el *Staphilococcus aereus* o el *Streptococcuspyogenes*, como así tampoco destruye algunos micro organismos responsables de la acidez como los *Lacotobacillus*.

Se han estudiado distintas combinaciones de temperatura y tiempo para pasteurizar, pero fundamentalmente se han reducido a dos:

- 1º) Pasteurización lenta.
- 2º) Pasteurización rápida.

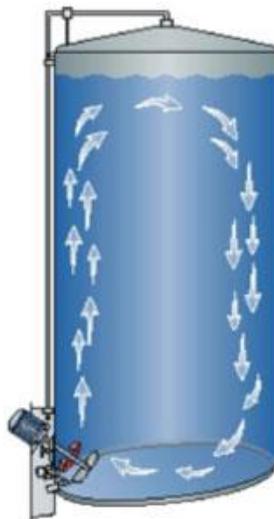
Pasteurización Lenta

Este método consiste en calentar la leche a temperaturas entre 62 y 64°C y mantenerla a esta temperatura durante 30 minutos.

La leche es calentada en recipientes o tanques de capacidad variable (generalmente de 200 a 1500 litros); esos tanques son de acero inoxidable preferentemente y están encamisados (doble pared); la leche se calienta por medio de vapor o agua caliente que vincula entre las paredes del tanque, provisto este de un agitador para hacer más homogéneo el tratamiento¹.

El siguiente es un esquema elemental:

Figura 5. Esquema básico de calentamiento de la leche



Fuente: <http://www.portalechero.com/innovaportal/file/725/1/pasteurizacion1.jpg>

Luego de los 30 minutos, la leche es enfriada a temperaturas entre 4 y 10°C según la conveniencia. Para efectuar este enfriamiento se puede usar el mismo

¹ http://www.portalechero.com/innovaportal/v/725/1/innova.front/proceso_de_pasteurizacion_.html

recipiente haciendo circular por la camisa de doble fondo agua helada hasta que la leche tenga la temperatura deseada.

Otra manera, es enfriar utilizando el enfriador de superficie (o cortina de enfriamiento) que ya se vio cuando se trató el tema de tratamiento de la leche.

Ambos métodos de enfriamiento tienen sus inconvenientes: en el primer caso (utilizando el mismo tanque), la temperatura desciende cada vez más lentamente a medida que se acerca a la temperatura del agua helada, lo cual hace que la leche, durante un cierto tiempo, este a las temperaturas en que crecen los microorganismos que quedarán luego del tratamiento térmico, lo cual hace que aumente la cuenta de agentes microbianos.

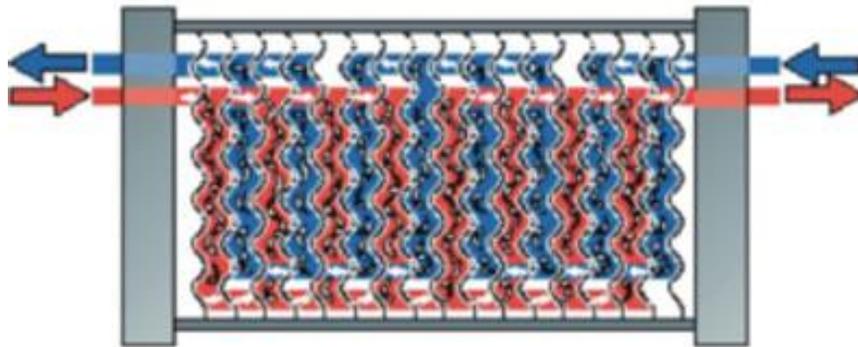
Por otra parte, usando la cortina de enfriamiento la leche forma una película sobre la superficie de la cortina y el enfriamiento es más rápido, pero, por quedar la leche en contacto con el ambiente, es presa de la contaminación.

El uso de la pasteurización lenta es adecuado para procesar pequeñas cantidades de leche hasta aproximadamente 2000 litros diarios, de lo contrario no es aconsejable.

Pasteurización Rápida

Llamada también pasteurización continua o bien HTST (High Temperature Short Time), este tratamiento consiste en aplicar a la leche una temperatura de 72 - 73°C en un tiempo de 15 a 20 segundos.

Figura 6. Esquema básico de pasteurización rápida



Fuente: <http://www.portalechero.com/innovaportal/file/725/1/pasteurizacion2.jpg>

Esta pasteurización se realiza en intercambiadores de calor de placas, y el recorrido que hace la leche en el mismo es el siguiente:

La leche llega al equipo intercambiador a 4°C aproximadamente, proveniente de un tanque regulador; en el primer tramo se calienta por regeneración. En esta sección de regeneración o precalentamiento, la leche cruda se calienta a 58°C aproximadamente por medio de la leche ya pasteurizada cuya temperatura se aprovecha en esta zona de regeneración.

Al salir de la sección de regeneración, la leche pasa a través de un filtro que elimina impurezas que pueda contener, luego la leche pasa a los cambiadores de calor de la zona o área de calentamiento donde se la calienta hasta la temperatura de pasteurización, esta es 72 - 73°C por medio de agua caliente.

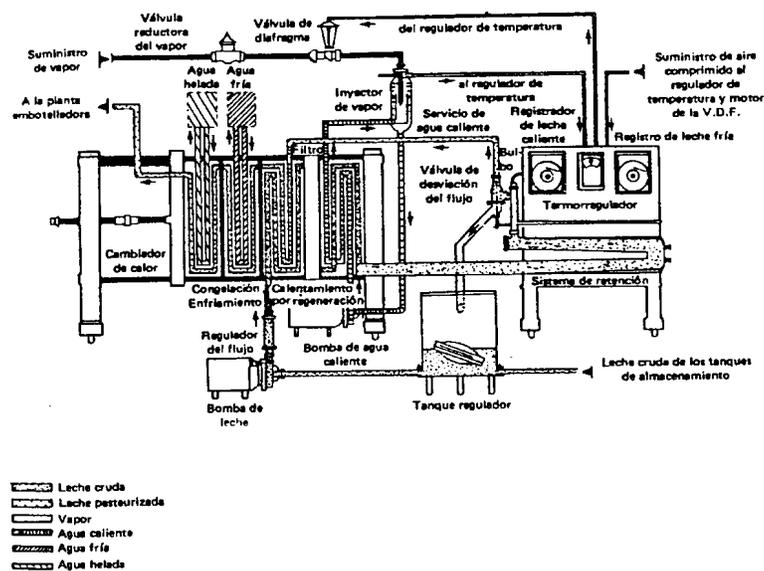
Alcanzada esta temperatura la leche pasa a la sección de retención de temperatura; esta sección puede estar constituida por un tubo externo o bien un retardador incluido en el propio intercambiador; el más común es el tubo de retención, en donde el tiempo que la leche es retenida es de 15 a 20 segundos.

A la salida de esta zona de retención, la leche pasa por una válvula de desviación; en esta válvula, si la leche no alcanza la temperatura de 72 - 73°C, automáticamente la hace regresar al tanque regulador o de alimentación para ser luego reprocessada; pero si la leche alcanza la temperatura de 72 - 73°C, pasa entonces a la zona de regeneración o precalentamiento, donde es enfriada por la leche cruda hasta los 18°C.

De aquí la leche pasa a la sección de enfriamiento en donde se distinguen dos zonas: una por donde se hace circular agua fría y la otra en donde circula agua helada, para terminar de esta manera el recorrido de la leche, saliendo del intercambiador a la temperatura de 4°C generalmente.

En el esquema siguiente se muestra el recorrido de la leche por el intercambiador:

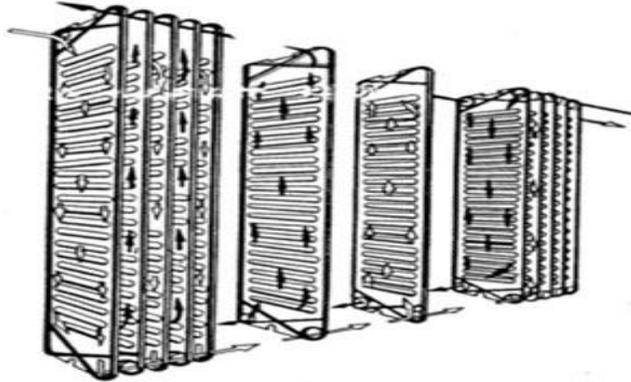
Figura 7. Recorrido de la leche por el intercambiador



Esquema de un pasteurizador continuo (HTST).

Fuente: http://med.10-multa.com/pars_docs/refs/6/5423/5423_html_m3b30bb37.png

Figura 8. Intercambiador de calor de placas



Fuente: <http://www.portalechero.com/innovaportal/file/725/1/pasteurizacion4.jpg>

El intercambiador de calor, como ya se menciona es el de placas, utilizado por su alta velocidad de transferencia y su facilidad de limpieza.

Son construidos en acero inoxidable; las placas tienen generalmente un espesor aproximado de 0.05 a 0.125 pulgadas; están aisladas mediante juntas de goma que forman una camisa de entre 0.05 y 0.3 pulgadas entre cada par de placas; estas últimas se ordenan en secciones: precalentamiento, calentamiento y enfriamiento.

Cada sección aislada se ordena de tal forma que los líquidos fluyen por una o más placas en paralelo. En la figura siguiente se muestra la disposición de las placas y circulación de los fluidos. Las placas tienen nervaduras o estrías que provocan turbulencia y aumentan la superficie de intercambio.

Las ventajas de la pasteurización HTST respecto a la LTLT son las siguientes:

- a. Pueden procesarse en forma continua grandes volúmenes de leche.
- b. La automatización del proceso asegura una mejor pasteurización
- c. Es de fácil limpieza y requiere poco espacio.
- d. Por ser de sistema cerrado se evitan contaminaciones.

e. Rapidez del proceso.

En cuanto a las desventajas se pueden nombrar:

- a. No puede adaptarse al procesamiento de pequeñas cantidades de leche.
- b. Las gomas que acoplan las placas son demasiado frágiles.
- c. Es difícil un drenaje o desagote completo.

Muchas plantas industriales hacen una clasificación de la leche previa y posterior a la pasteurización.

Es así que se pueden tener leches que antes del tratamiento no contengan más de 50000 microorganismos por mililitro y luego de la pasteurización no contienen más de 15000 microorganismos por milímetro.

Otra clasificación es de aquellos que tienen no más de 300000 microorganismos/ml antes y no más de 30000 ml luego de la pasteurización y finalmente lo que antes del tratamiento térmico no tengan más de 2000000 de microorganismos/ml y que luego del mismo no contengan más de 30000 ml.²

Estado de la leche luego de pasteurizada

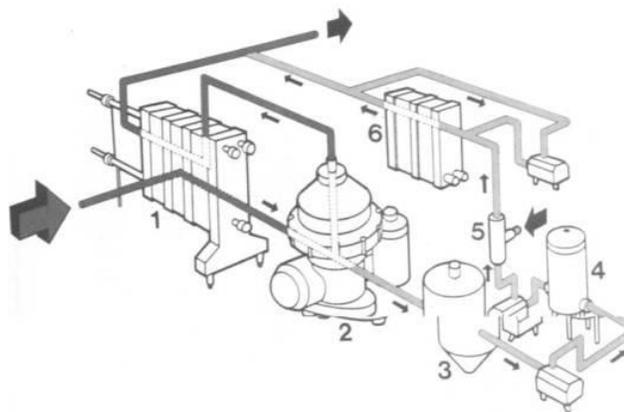
Respecto a los componentes de la leche, luego de la pasteurización, no está afectada la línea de crema, la lactosa prácticamente no sufre ningún cambio. Tampoco sufren cambios las proteínas del lacto suero, por lo cual no se forman suefhidrilos ni tampoco olor y sabor a cocido.

² <http://www.portalechero.com/innovaportal/v/725/1/innova.front/proceso-de-pasteurizacion-.html?page=2>

Si bien no se forma el complejo b-lactoglobulina - caseína, pero si se modifica la estructura de las micelas, por lo cual cambia la actividad del cuajo. En cuanto a las enzimas, la pasteurización destruye las lipasas y se inhibe la actividad de las fosfatasas alcalinas.

Por último, las pasteurizaciones no afectan o afectan poco a las vitaminas.

Figura 9. proceso básico de ultra pasteurización y esterilización de la leche



Fuente: http://bioinformatica.uab.cat/biocomputacio/treballs2006-07/MJAlvarez_XSabater/imagenes/image004.jpg

4.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO

Recepción De Materia Prima

El proceso de producción de quesos, comienza recibiendo la materia prima “leche cruda” en camiones cisternas de depósitos, provenientes de granjas productoras de leche a partir del ganado vacuno o bovino.

En la recepción de la materia prima en la planta de producción, primero se hace un control de calidad a través de un análisis microbiológico, determinando así el estado en que se encuentra la leche y si esta cumple con todos los requerimientos necesarios

Almacenamiento De Materia Prima.

Con los análisis microbiológicos aprobados, los camiones cisterna transfieren la leche cruda a través de un filtro retenedor de impurezas macroscópicas, luego la leche se hace pasar por un sistema que elimina el aire contenido (Desairador) para la medición a través de un caudalímetro, y saber qué flujo y volumen del producto está ingresando al sistema.

Después se pasa a los contenedores asépticos (silos) donde se mantendrá una temperatura aproximada entre 4°C a 8°C, para su posterior procesamiento.

Pasteurización de la leche.

La pasteurización de la leche destinada para la elaboración de quesos se hace generalmente a 70°C en 15 o 20 segundos en el tratamiento rápido o a 65°C en 30 minutos en el tratamiento lento. Si se efectuara a temperaturas mayores el calcio tiende a precipitar como trifosfato cálcico que es insoluble, lo cual llevaría a una coagulación defectuosa.³

4.3 PROCESO PRODUCTIVO (QUESO FRESCO)

Materia prima:

- Leche.
- Cultivo Láctico.
- Cuajo.
- Sal.
- Cloruro de Calcio (CaCl₂).

³ <http://www.portalechero.com/innovaportal/v/725/1/innova.front/proceso-de-pasteurizacion-.html?page=3>

Requisitos de Materia prima:

Además de los requisitos generales de la leche para todos los productos lácteos, la leche para producción de quesos tiene que cumplir con algunos requisitos especiales:

Contenido de Bacterias:

Debe tener un contenido de bacterias tan bajo como sea posible para facilitar el desarrollo de las bacterias lácticas y sus enzimas, y así poder formar sustancias de sabor agradable y por otra parte porque algunas bacterias pueden sobrevivir a la pasteurización y ocasionar efectos en el queso.

En general, se puede decir que la calidad de la leche tiene que ser mejor para la producción de queso, que para la elaboración de otros derivados.

Capacidad de acidificación de la leche:

La capacidad de la leche para acidificarse es de importancia trascendental para el desuerado, la durabilidad del queso, la consistencia y su maduración. Si la leche tiene poca capacidad para acidificarse, no es apta para elaborar queso.

Capacidad de coagulación de la leche:

La capacidad de la leche para formar un coagulo firme es fundamental para el desuerado y por ende para la elaboración del buen queso

Olor, sabor y apariencia:

Los defectos de olor y sabor de la leche pueden en alguna medida influir en las características finales del producto (queso fresco).

4.4 SELECCIÓN DE LOCAL.

El local debe ser lo suficientemente grande para albergar las siguientes áreas: recepción de la leche, pasteurización, coagulación, moldeado, empaque, cámara de frío, bodega, laboratorio, oficina, servicios sanitarios y vestidor.

La construcción debe ser en bloc y las paredes deben estar cubiertas de azulejo hasta una altura de 2 metros.

Los pisos deben ser de concreto recubiertos de losetas o resina plástica, con desnivel para el desagüe. Los techos de estructura metálica, con zinc y cielorraso.

Las puertas de metal o vidrio y ventanales de vidrio. Las puertas y ventanas deben cubrirse con cedazo para impedir la entrada de insectos.

La planta debe tener un sistema para el tratamiento de los residuos líquidos y sólidos.

4.5 TECNOLOGÍA EN LA ELABORACIÓN DEL QUESO.

Pasteurización

El objetivo principal de la pasteurización de la leche es destruir las bacterias patógenas y también las bacterias que reducen la conservación de la leche y del queso.

Se recomienda usar la pasteurización lenta tipo abierta esto es de 63-65°C por 30 minutos. No se aconseja un tratamiento térmico muy fuerte, pues causa una disminución de la aptitud de la leche para coagular con el cuajo, ello significa más tiempo de coagulación o coagulo más suave, un desuerado más lento y pérdida de materia seca en el suero por un coagulo débil.

Si no se dispone de los equipos apropiados para realizar una pasteurización, se puede higienizar la leche con agua oxigenada, aunque no es tan efectiva, pero logra eliminar un % importante de los microorganismos.

Adición del cloruro de sodio

El cloruro de sodio es un compuesto químico que se agrega a la leche para mejorar y estabilizar la capacidad de la leche para formar un coagulo con el cuajo. La cantidad a agregar depende de la leche y sus condiciones. La cantidad natural que existe en la leche varía mucho dependiendo de follaje, época del año, periodo de lactancia etc.

La cantidad máxima que se debe usar 0,2 gramos por 1 /litro de leche para queso, según norma internacional.

Demasiado calcio produce un coagulo demasiado firme y un queso muy elástico, dando un sabor a productos químicos, poca cantidad de calcio, el coagulo sale

muy suave y el queso muy quebradizo. Es necesario agregarlo al menos 15 minutos antes de agregar el cuajo.

Cuajo

Es una sustancia que tiene la propiedad de coagular la caseína de la leche. Existen varios tipos de cuajo: cuajo natural, enzimático y microbiano.

El cuajo enzimático es el más utilizado, pudiendo encontrarse en el mercado en las siguientes formas: líquido, polvo y pastillas. La cantidad a utilizarse para cada 100 litros o por litro de leche depende de la forma de presentación y de las casas comerciales. Este debe disolverse unas 40 o 50 veces su volumen en agua. La disolución del cuajo asegura una buena distribución de este en la tina y la sal facilita su disolución.

Coagulación

El primer paso en el proceso de fabricación del queso consiste en dejar la leche en un sitio cálido, con lo que el azúcar de la leche, la lactosa, se agria, lo que hace que uno de los constituyentes sólidos de la leche, una proteína llamada caseína, se separe del suero por la acción de las bacterias del ácido láctico o lácticas. La precipitación da como resultado un producto espeso, la cuajada o requesón, que se recoge en un trapo fino o gasa para que escurra bien el suero y después suavemente removido se prepara para su consumo. Se trata del método más sencillo, y sin duda el más primitivo, de fabricación del queso, que todavía se emplea para elaborar queso fresco. Cuando la leche ha sido pasteurizada, y las bacterias, incluidas las necesarias para que se inicie el proceso de acidificación, han sido eliminadas por medio del calor, debe añadirse un `cebador' o acidificador (similar al `cultivo' o bacterias que se añaden al yogur).

Para fabricar quesos más compactos y duraderos y acelerar el proceso de separación, se utiliza una enzima llamada cuajo, que se encuentra en el estómago de los mamíferos lactantes y permite a éstos digerir la leche de la madre. El cuajo se extrae del revestimiento del estómago de terneras lactantes y se seca hasta obtener un polvo que será disuelto en agua cuando sea necesario. Se añade a la leche después del cebador o acidificador para acelerar el proceso de coagulación, es decir, la separación del suero y la cuajada. La industria quesera actual, consciente de las necesidades de un número cada vez mayor de vegetarianos, ha creado una alternativa sintética al cuajo de origen animal. Dado que es casi idéntica, la diferencia en el sabor o textura de los quesos resultantes es apenas apreciable, por lo que son cada vez más los fabricantes que la utilizan.

Escurrido y salado

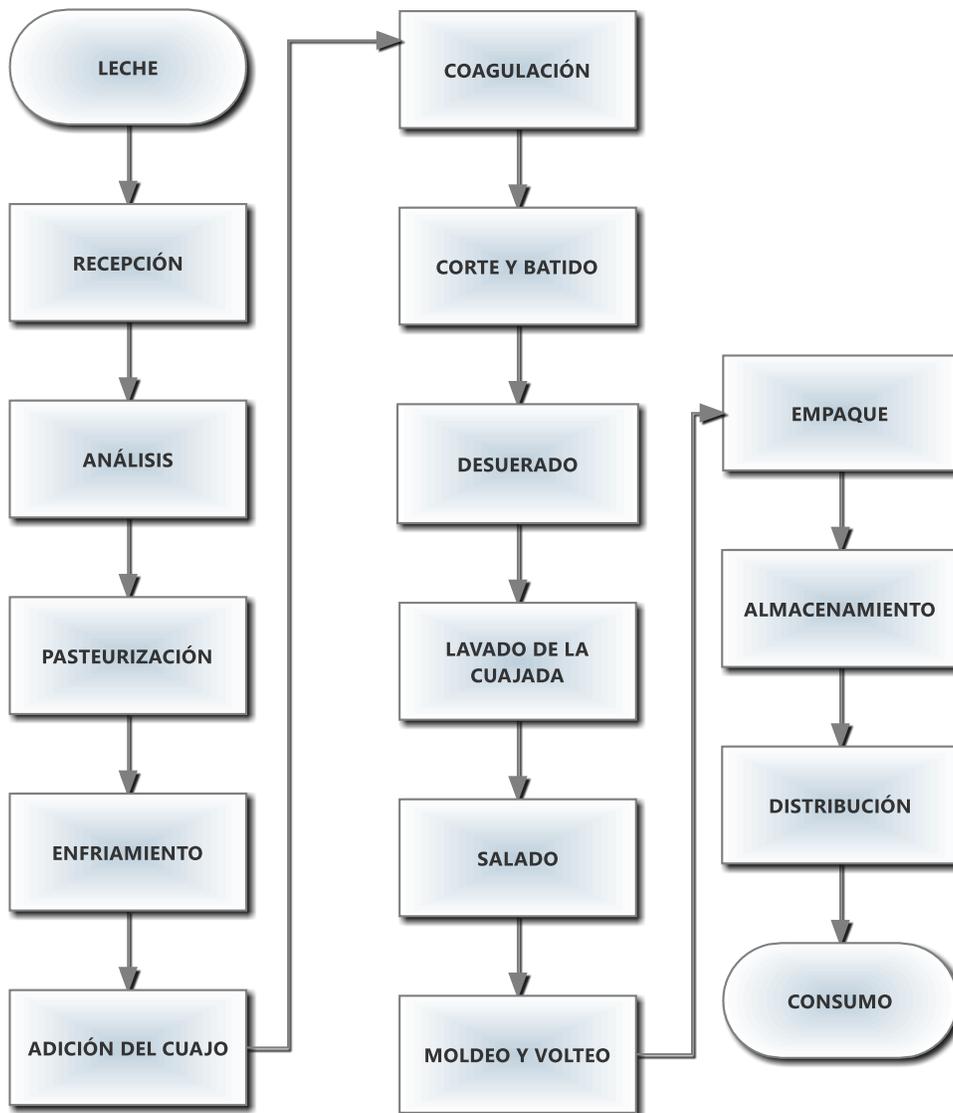
A continuación, se elimina el suero para evitar que la cuajada se acidifique demasiado y controlar el ritmo de maduración. Esto se hace eliminando el suero y dejando escurrir la cuajada. En esta fase, suele añadirse sal, que también contribuye a ralentizar la producción de ácido láctico, realza el aroma y contribuye a la preservación del queso y a su curación.

Moldeado y forma.

En esta fase se introduce la cuajada en moldes para darle forma. Si se desea obtener un queso de textura firme, ha de prensarse durante horas, o incluso semanas si se quiere que sea especialmente compacto. El queso de textura suave se extrae de los moldes transcurridas algunas horas, mientras que el más duro se deja más tiempo antes de sacarlo y frotarlo con sal o lavarlo con agua salada.

Grafica 1. Descripción del proceso de elaboración de queso

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO



Recepción

La leche de buena calidad se pesa para conocer la cantidad que entrará a proceso. La leche debe filtrarse a través de una tela fina, para eliminar cuerpos extraños.

Análisis

Deben hacerse pruebas de acidez, antibióticos, porcentaje de grasa y análisis organoléptico (sabor, olor, color). La acidez de la leche debe estar entre 16 y 18 ° (grados Dornic).

Pasteurización

Consiste en calentar la leche a una temperatura de 65°C por 30 minutos, para eliminar los microorganismos patógenos y mantener las propiedades nutricionales de la leche, para luego producir un queso de buena calidad. Aquí debe agregarse el cloruro de calcio en una proporción del 0.02-0.03% en relación a la leche que entró a proceso.

Enfriamiento

El queso sale muy caliente, siendo necesario enfriarlo. Los quesos pasan entonces por un túnel de aire frío. Dentro del túnel, los quesos se someten a una corriente de aire frío, a temperaturas por debajo de 0°C. En dicho túnel el queso permanece una hora aproximadamente.

Adición del cultivo láctico

Cuando la leche es pasteurizada es necesario agregar cultivo láctico (bacterias seleccionadas y reproducidas) a razón de 0.3%.

Adición de cuajo

Se agrega entre 7 y 10 cc de cuajo líquido por cada 100 litros de leche o bien 2 pastillas para 100 litros (siga las instrucciones del fabricante). Se agita la leche durante un minuto para disolver el cuajo y luego se deja en reposo para que se produzca el cuajado, lo cual toma de 20 a 30 minutos a una temperatura de 38-39 °C.

Corte

La masa cuajada se corta, con una lira o con cuchillos, en cuadros pequeños para dejar salir la mayor cantidad de suero posible. Para mejorar la salida del suero debe batirse la cuajada. Esta operación de cortar y batir debe durar 10 minutos y al finalizar este tiempo se deja reposar la masa durante 5 minutos. La acidez en este punto debe estar entre 11 y 12 ° Dornic.

Desuerado

Consiste en separar el suero dejándolo escurrir a través de un colador puesto en el desagüe del tanque o marmita donde se realizó el cuajado. Se debe separar entre el 70 y el 80% del suero. El suero se recoge en un recipiente y por lo general se destina para alimentación de cerdos.

Lavado de la cuajada

La cuajada se lava para eliminar residuos de suero y bloquear el desarrollo de microorganismos dañinos al queso. Se puede asumir que por cada 100 litros de leche que entra al proceso, hay que sacar 35 litros de suero y reemplazarlo con 30 litros de agua tibia (35°C), que se escurren de una vez.

Salado

Se adicionan de 400 a 500 gramos de sal fina por cada 100 litros de leche y se revuelve bien con una paleta. Haga pruebas para encontrar el nivel de sal que prefieren los compradores.

Moldeo

Los moldes, que pueden ser de acero inoxidable o de plástico PVC, cuadrados o redondos, se cubren con un lienzo y se llenan con la cuajada. En este momento, se debe hacer una pequeña presión al queso para compactarlo mejor. Este queso no se prensa, solamente se voltean los moldes tres veces a intervalos de 15 minutos. Seguidamente, se deja reposar por 3 horas y luego se sacan los moldes y se guarda el queso en refrigeración.

Pesado

Se hace para llevar registros de rendimientos, es decir los kilogramos obtenidas por litro de leche que entraron al proceso y preparar las unidades para la venta.

Empaque

El empaque, se hace con material que no permita el paso de humedad. Generalmente se usa un empaque plástico.

Almacenado

Se debe almacenar en refrigeración, para impedir el crecimiento de microorganismos y tener siempre queso fresco. El almacenamiento no debe ser mayor de 5 -7 días.

4.6 CONTROL DE CALIDAD

Materia Prima

Se debe usar leche de buena calidad, es decir, con la acidez requerida (acidez mayor que el 0.18% debe rechazarse), libre de impurezas y sin agregarle agua. La leche debe ser sometida a pruebas de calidad como: determinación de densidad, que sirve para ver la pureza de la leche; el punto de congelación, que detecta adulteraciones; análisis de acidez por titulación.

Una prueba alternativa es hervir la leche si se coagula, quiere decir que es inadecuada para la pasteurización.

Proceso

Usar agua hervida y clorada, agregar el cuajo y cloruro de calcio en las cantidades adecuadas. Realizar un corte adecuado de la cuajada para lograr un buen desuerado y un grano de tamaño uniforme

Producto Final

El producto no debe contener impurezas ni mal sabor, debe cuidarse de obtener un producto de color blanco.

5. DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS DE UN PROCESO DE LA ELABORACION DE QUESO.

Para realizar la selección de equipos, se necesita conocer la naturaleza de las variables que se controlan, así como actuadores y grupos de accionamientos que manipulan al proceso de producción.

5.1 SELECCIÓN DEL AUTÓMATA.

Por sus características y Gracias a su diseño compacto, bajo costo y amplio juego de instrucciones, los PLCs S7-1200 son idóneos para controlar una gran variedad de aplicaciones.

Figura 6. Autómata seleccionado – Plc Siemens S7-1200



Fuente:

http://www.conrad.com/medias/global/ce/1000_1999/1900/1970/1974/197468_LB_00_FB_EPS_1000.jpg

En el Anexo A se puede verificar la ficha técnica del equipo.

Tabla 1. Especificaciones técnicas del autómeta.

| | |
|--|--------------------|
| Fabricante: | SIEMENS |
| Referencia: | 6ES7211-1AE40-0XB0 |
| Tipo: | 2110 |
| Memoria: | 30 Kbyte |
| Número máximo de módulos: | |
| Puertos: | 0 |
| Norma física: | 1 |
| Intensidad ED: | RJ45 |
| Entradas digitales: | ETH PROFINET |
| Tipo de entrada digital: | 6 |
| Intensidad ED: | DC24V DC24V-M |
| Salidas digitales: | 1mA |
| Tipo de salida digital: | 4 |
| Intensidad SD: | DC24V |
| Entradas analógicas: | 500mA |
| Tipo de entrada analógica: | 2 |
| Resolución de las entradas analógicas: | 0a10V |
| Salidas analógicas: | 10 |
| Tipo SA: | 0 |
| Resolución de las salidas analógicas: | NA |
| i5v: | 0 bit |
| Ancho: | 750 mA |
| Alto: | 90mm |
| Profundidad: | 100mm |
| Temperatura mínima: | 75mm |
| Temperatura máxima: | -20 C |
| Peso: | 60 C |
| Tensión de alimentación: | 0.37kg |
| Intensidad de alimentación: | DC24V |
| | 300 mA |

Fuente: Elaboración propia

5.2 SELECCIÓN DE SENSOR DE TEMPERATURA.

Para las etapas del proceso de pasterización de la leche y almacenamiento, se requiere contar con sensores que midan la temperatura a controlar o a mantener en los rangos adecuados.

Figura 7. Sonda de temperatura PT-100



Fuente: [http://www.e-direct.endress.com/e-direct/portal/resource.nsf/imgref/Image_TM401_large.jpg/\\$FILE/TM401_large.jpg](http://www.e-direct.endress.com/e-direct/portal/resource.nsf/imgref/Image_TM401_large.jpg/$FILE/TM401_large.jpg)

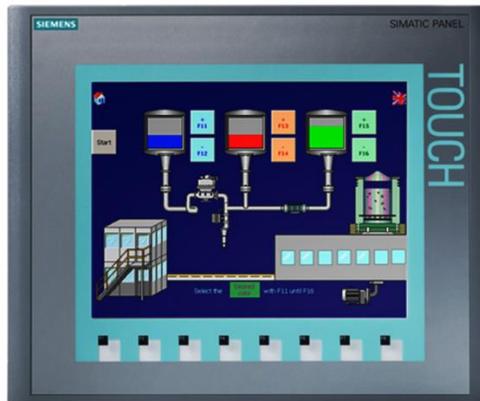
Tabla 2. Características del sensor de temperatura

| | |
|-------------------------------|---|
| Sensor tipo | 1 x Pt100 película delgada |
| Tolerancia | Clase A según IEC 60751 |
| Temperatura de proceso | -50 a +200 °C |
| Material | 316L |
| Rugosidad superficial | $R_a \leq 0,76 \mu\text{m}$; opcional $R_a \leq 0,38 \mu\text{m}$ |
| Diámetro | 6 mm, recta / 8 mm reducida 5,3 x 20 mm / 6 mm reducida 4,1 x 18 mm |
| Longitud de inmersión | 55 a 400 mm seleccionable |
| Tiempo de respuesta* | $T_{50} \geq 3,5 \text{ s}$ / $T_{90} \geq 9 \text{ s}$ |
| Máx. presión* | Hasta 40 bar |

Para más información técnica ver anexo B.

5.3 SELECCIÓN DE PANTALA HMI

Figura 8. Pantalla HMI



Fuente: <http://sigma.octopart.com/11744400/image/Siemens-SIMATIC-KTP1000.jpg>

Tabla 3. Especificaciones técnicas de la pantalla.

| | |
|--------------------------------------|-------------------|
| Serie del Fabricante | KTP 1000 |
| Tipo de Display | LCD |
| Tamaño del Display | 10,4 pulg. |
| Resolución del Display | 640 x 480pixels |
| Color del Display | Color |
| Número de Puertos | 1 |
| Tipo de Puerto | Ethernet |
| Tipo de Procesador | 32 Bit RISC |
| Memoria Integrada | 1.024 kB |
| Retroiluminación | Sí |
| Tensión de Alimentación | 24 Vdc |
| Longitud | 335mm |
| Índice de Protección IP | IP20, IP65 |
| Temperatura de Funcionamiento Máxima | +40°C |
| Profundidad | 60mm |
| Temperatura de Funcionamiento Mínima | 0°C |
| Dimensiones | 335 x 275 x 60 mm |
| Anchura | 275mm |

Fuente: Elaboración propia

Para mayor información técnica ver ANEXO C.

TANQUES DE REFRIGERACIÓN

Descripción:

Equipo que permite mantener fría la leche, hasta su uso final, construido en acero inoxidable; tanque horizontal de 3,500 Lts y tanque vertical de 1,000 Lts ambos con agitador a 20 rpm.

A continuación se detalla en el siguiente cuadro características del equipo.

Tabla 4. Características técnicas del equipo.

| | |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Marca | Fischer |
| Modelo (Lt) | 3,5 |
| Potencia (HP) | 7.5 |
| Capacidad (Lt) | 3,5 |
| Voltaje (voltios) | 220 |
| Suministro | monofásico |
| Vida útil (años) | 10 |
| Peso (Kg) | 80 |
| Requiere para su instalación | Interruptor Termo magnético de 60 A |

Fuente: Elaboración propia

TINA QUESERA DE CUAJADO

Figura 9. Tina Quesera Mecánica Doble Fondo⁴



Descripción:

Tina quesera doble fondo con capacidad de 3,000 litros.

Dimensiones:

- Ancho: 155 cm
- Largo: 650 cm
- Alto: 210 cm

⁴<http://www.lactogandolfo.com/image/cache/data/maquinaria/tinas/tinamecanica-3000lt/tinamecanica3000lt-1-800x800.JPG>

Máquina elaborada en acero inoxidable, con doble fondo para vapor o agua, acabados sanitarios, contiene un quemador e incluye conexión a gas, en la salida solo contiene un tapón.

El funcionamiento del equipo es el siguiente:

Se pasteriza en la olla de capacidad de 50 LT, una vez pasterizada la leche se coloca en la tina de capacidad de 100 LT y se realiza el calentamiento, cuajado, corte, cocimiento, desuerado, y salado en ella.

LIRAS DE CORTE

Figura 10. Lira para corte Verticales y Horizontales⁵



5

http://1.bp.blogspot.com/_aXlis1jeBcl/TMzVa0npC_I/AAAAAAAAAC5k/GPhpbW1ugcw/s1600/Harfen set2.JPG

Lira para corte Horizontal y Verticales, en acero inoxidable, con acabado sanitario y separación de hilos regulables. Permite cortar uniforme la cuajada con un desuerado adecuado y rápido.

MOLDES

Figura 11. Moldes para queso fresco⁶



Estos moldes permiten su montaje en multimoldes que, junto con accesorios como los distribuidores de cuajada, volteadores en inox. y máquinas llenadoras de cuajada, ofrecen un alto rendimiento productivo y un magnifico ahorro tanto de tiempo como de producto.

- Termómetro
- Balanza
- Cuchillos

⁶ <http://www.moldes-queso.com/wp-content/uploads/2013/08/quesofresco.jpg>

MOLDES PARA QUESOS MICROPERFORADOS

- 2 Lb (Queso de bola)
- 5 Lb (Rectangular)
- 7 Lb (Rectangular)
- 3 Lb (Manchego)
- 12 Lb (Parmesano, Gouda)

PASTEURIZADOR

Figura 12. Equipo automático para pasteurizar



Equipo automático para pasteurizar y elaborar diferentes productos como queso, yogur, kumis, entre otros.⁷

⁷ <http://www.interlactea.com/images/stories/virtuemart/product/PH300-650.jpg>

Tabla 5. Características del pasteurizador.

| Modelo | Capacidad | Potencia | Alimentación | Dimensiones (mm) |
|---------|-----------|----------|---------------|------------------|
| M&C 200 | 3000Lt | 20Kw | 220 V a 60 Hz | 810x1550x1780 |

PRENSAS PARA QUESOS NEUMÁTICAS

Figura 13. Prensa neumática para quesos ⁸



Descripción

- Para todo tipo de moldes
- Diseño especial con sistema gradual de presión
- Mesa de drenado
- Pre-prensado de cuajada y Prensado de Moldes
- Descargue la cuajada de la tina por gravedad

⁸ <http://www.interlactea.com/images/stories/virtuemart/product/PPS-U4.jpg>

- Drenado de la cuajada
- Pre-prensado mediante presión de pistón neumático para un drenado uniforme
- Llenado y prensado de los moldes
-

6. DESCRIPCIÓN DE DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL PROYECTO.

El método de elaboración que se ha empleado en el proceso de elaboración de queso costeño no ha sido el más adecuado. No cuenta con una cadena de producción, es así que todo el proceso se hace manualmente presentándose diferentes inconvenientes como:

- Procesos de producción no estables
- Falta de manejo de higiene por parte de los operarios.
- Mala calidad del producto terminado
- Ausencias laborales ocasionando paradas de producción

Descripción del problema

Aspecto: Desarrollo del proceso

Se observó durante el proceso de elaboración de queso que los operarios utilizan métodos de medida empíricos al medir las materias primas ocasionando inestabilidad en el producto terminado. En la medición de los tiempos para el cuajado de la leche, se encuentra que son muy difusos, repercutiendo así en el producto final.

Además, ocasionado pérdidas de dinero, insumos y materias primas se determinó que había una disminución de producción. Así mismo se evidencia mala utilización de las reglas de higiene en el proceso de elaboración de los productos, conllevando a repercusiones económicas de la empresa.

Perspectiva: Automatización

Este proceso no cuenta con un sistema de supervisión y control donde se pueda centralizar la producción y el registro de materias primas e insumos. Además de recetas para la elaboración de los productos evitando medidas empíricas.

6.1 ALCANCE DEL PROYECTO

Se seleccionarán los instrumentos de medición y control, cuyas especificaciones estarán basadas en requerimientos de operación. Para implantar el método de control adecuado, se elaborará una estrategia preliminar de automatización.

Los elementos del sistema de automatización (HMI, PLC, Sensores) se estarán comunicando mediante los protocolos de comunicación establecidos por el fabricante, Se elaborará es sistema SCADA donde se centralice el control del proceso en comunicación con el PLC.

Se desarrollará la programación del sistema de control automatizado teniendo en cuenta las normas.

Se realizará el estudio de viabilidad para la implementación del sistema de automatización, recurriendo a instrumentos como análisis de costo/beneficio, retorno de la inversión, viabilidad continuada del proyecto, entre otras.

En este proyecto no se llevará a cabo las etapas de implementación, puesta en marcha y mantenimiento, pero se detallarán los métodos con que se podrían llevar a cabo esta operación.

6.2 COSTOS

Basándonos en las cotizaciones actuales de los equipos y mano de obra, estimamos los costos para el proyecto de automatización del proceso de elaboración de queso, los cuales son presentados a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 6. Costos proyecto de automatización.

| TIPO | DESCRIPCION | UND. | CANT. | VALIR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---------------------------|--------------------------------|------|-------|----------------|--------------|
| ELEMENTOS PARA PRODUCCION | TINA QUESERA DE CUAJADO | UND | 1 | \$ 6.090.000 | \$ 6.090.000 |
| | LIRAS DE CORTE | UND | 1 | \$ 696.000 | \$ 696.000 |
| | MOLDES | UND | 1 | \$ 145.000 | \$ 145.000 |
| | PASTEURIZADOR | UND | 1 | \$ 6.670.000 | \$ 6.670.000 |
| | PRENSAS PARA QUESOS NEUMÁTICAS | UND | 1 | \$ 3.480.000 | \$ 3.480.000 |
| | TANQUES DE REFRIGERACIÓN | UND | 1 | \$ 8.700.000 | \$ 8.700.000 |

| | | | | | |
|-------------------|--|-----|---|--------------|--------------|
| SISTEMA ELECTRICO | SENSOR DE TEMPERATURA TIPO RTD CON CABEZOTE, Y CONECTOR SANITARIO. SIEMENS | UND | 1 | \$ 550.000 | \$ 550.000 |
| | PANTALLA HMI | UND | 1 | \$ 2.000.000 | \$ 2.000.000 |
| | PLC + MODULOS AUXILIARES SIEMENS | GL | 1 | \$ 2.000.000 | \$ 2.000.000 |
| | GABINETE DE CONTROL EN ACERO INOX DIM. 1,2 X 1.5 X 0,6 mt, DOBLE PUERTA | UND | 1 | \$ 4.000.000 | \$ 4.000.000 |
| | AIRE ACONDICIONADO PARA GABINETE INOX. | UND | | \$ 3.000.000 | \$ - |
| | CABLEADO ELÉCTRICO | GL | 1 | \$ 1.350.000 | \$ 1.350.000 |
| | ELEMENTOS Y ACCESORIOS ELECTRICOS | GL | 1 | \$ 800.000 | \$ 800.000 |
| | CABLEADO DE INSTRUMENTACIÓN | GL | 1 | \$ 400.000 | \$ 400.000 |
| | VARIADORES DE FRECUENCIA MICROMASTER | GL | 1 | \$ 1.500.000 | \$ 1.500.000 |
| SISTEMA NEUMATICO | BLOQUE VALVULAS VÁLVULAS NEUMÁTICAS | GL | 1 | \$ 4.000.000 | \$ 4.000.000 |
| | UNIDAD DE MANTENIMIENTO FRL AUTOMÁTICA 1/2 NPT | UND | 1 | \$ 700.000 | \$ 700.000 |
| | ACCESORIOS Y ELEMENTOS NEUMÁTICOS | GL | 1 | \$ 800.000 | \$ 800.000 |
| | CONVERTIDORES I/P CONTROL AIR | UND | 1 | \$ 1.200.000 | \$ 1.200.000 |
| | FUENTE DE VOLTAJE 220VAC A 24VDC | UND | 1 | \$ 450.000 | \$ 450.000 |
| | FILTROS PARA SISTEMAS NEUMATICOS | GL | 1 | \$ 1.250.000 | \$ 1.250.000 |

| | | | | | |
|--------------------------------------|--|----|---|--------------|---------------|
| SERVICIOS, MANO DE OBRA Y OPERATIVA. | CABLEADO Y ARMADO DE GABINETE ELÉCTRICO, TABLERO DE CONTROL. | GL | 1 | \$ 900.000 | \$ 900.000 |
| | DESARROLLO DE PLANOS ELÉCTRICOS. | GL | 1 | \$ 150.000 | \$ 150.000 |
| | DESARROLLO DE SOFTWARE DE PLC + HMI | GL | 1 | \$ 1.200.000 | \$ 1.200.000 |
| | TENDIDO DE CABLES, DEL PROCESO + MARQUILLAS | GL | 1 | \$ 500.000 | \$ 500.000 |
| | COSTOS OPERATIVOS | GL | 1 | \$ 5.000.000 | \$ 5.000.000 |
| SUBTOTAL | | | | | \$ 54.531.000 |

Fuente: Elaboración propia

6.3 BENEFICIOS ESPERADOS

Mediante la implementación del sistema automatización propuesto para el proceso de elaboración de queso costeño se espera obtener:

- Mejor calidad de producto
- Cadena de producción.
- Mejoramiento de la higiene en la elaboración del producto.
- Reducción de la inestabilidad del producto.
- Disminución de costos de producción.
- Garantía de seguridad para la planta y personal.

Tabla 7. Utilidad de la implementación de automatización de proceso de elaboración de queso.

| DESCRIPCIÓN | PRODUCCIÓN X DÍA | UTILIDAD | |
|---|------------------|------------------------------------|-------------|
| | | VALOR UNIT EMPAQUE X Kg, EN VENTAS | VALOR TOTAL |
| PRODUCCIÓN IDEAL 220 Kg/8Hr. SIN AUTOMATIZACIÓN | 220 | \$2.000 | \$440.000 |
| PRODUCCIÓN IDEAL 300 Kg/8Hr. CON AUTOMATIZACIÓN | 300 | \$2.000 | \$600.000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Beneficios de la implementación de automatización de proceso de elaboración de queso.

| DÍAS X AÑO - DÍAS DOMINICALES | BENEFICIO X DÍA = PRODUCCIÓN X DÍA (CON AUTOM) - PRODUCCIÓN X DÍA SIN AUTOM) | BENEFICIO X AÑO |
|-------------------------------|--|-----------------|
| 317 | \$160.000 | \$50.720.000 |

Fuente: Elaboración propia

6.4 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

6.4.1 RETORNO DE LA INVERSIÓN (ROI)

A continuación, en la tabla 9, se analiza la tasa de retorno de la inversión, de acuerdo a los siguientes datos en la tabla.

Tabla 9. Retorno a la inversión

| ROI | | | |
|-------|--------------|-------------------|---------------|
| DATOS | INVERSION | COSTOS OPERATIVOS | BENEFICIOS |
| AÑO 1 | \$54.531.000 | \$5.000.000 | \$50.720.000 |
| AÑO 2 | \$0 | \$3.000.000 | \$50.720.000 |
| AÑO 3 | \$0 | \$3.000.000 | \$50.720.000 |
| TOTAL | \$54.531.000 | \$11.000.000 | \$152.160.000 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10, De acuerdo a los valores estimados que presenta el proyecto tiene porcentaje de Retorno de la Inversión del 232.19%, lo cual demuestra que en solo un año y medio ya se tiene el retorno total de la inversión realizada.

Tabla 10. ROI

| |
|------------------------|
| CALCULO DE ROI EN % |
| 232.19% |

Fuente: Elaboración propia

6.5 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

A continuación, mencionamos unos de los riesgos más significativos en el desarrollo de este proyecto:

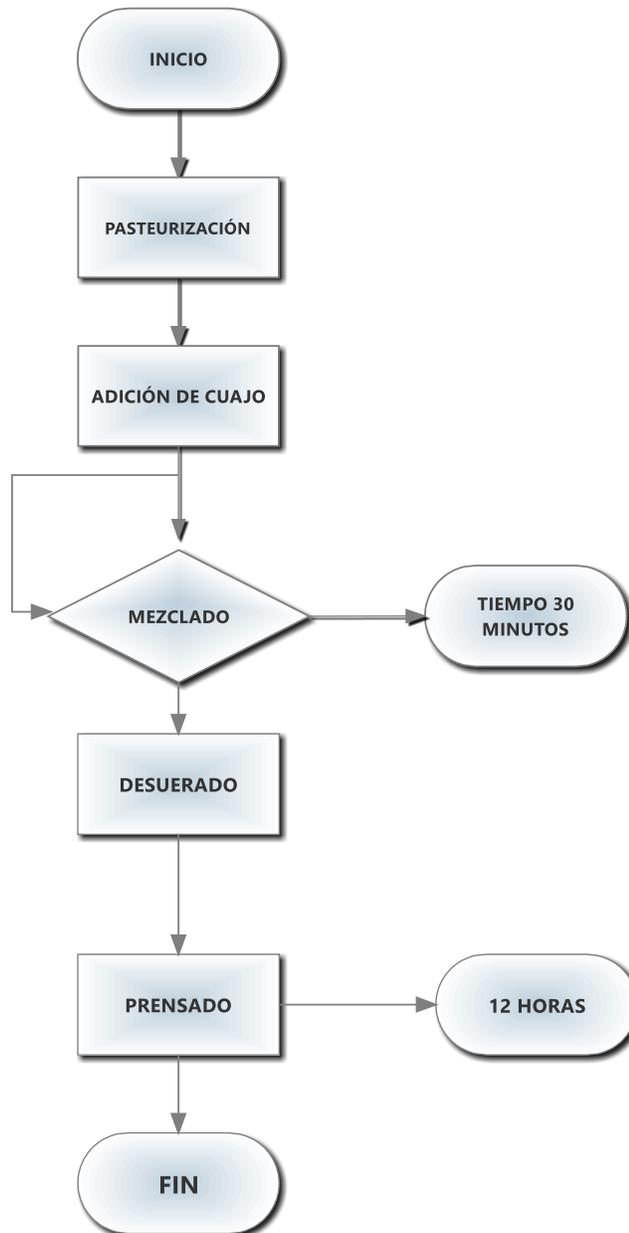
- No disposición de los operarios capacitados en el proceso.
- Montaje de todos los equipos ya que toca empezar desde cero
- Demora en la llegada de los equipos ya que la mayoría son importados

7. DISEÑO DE SOFTWARE

7.1 DIAGRAMA DE FLUJO.

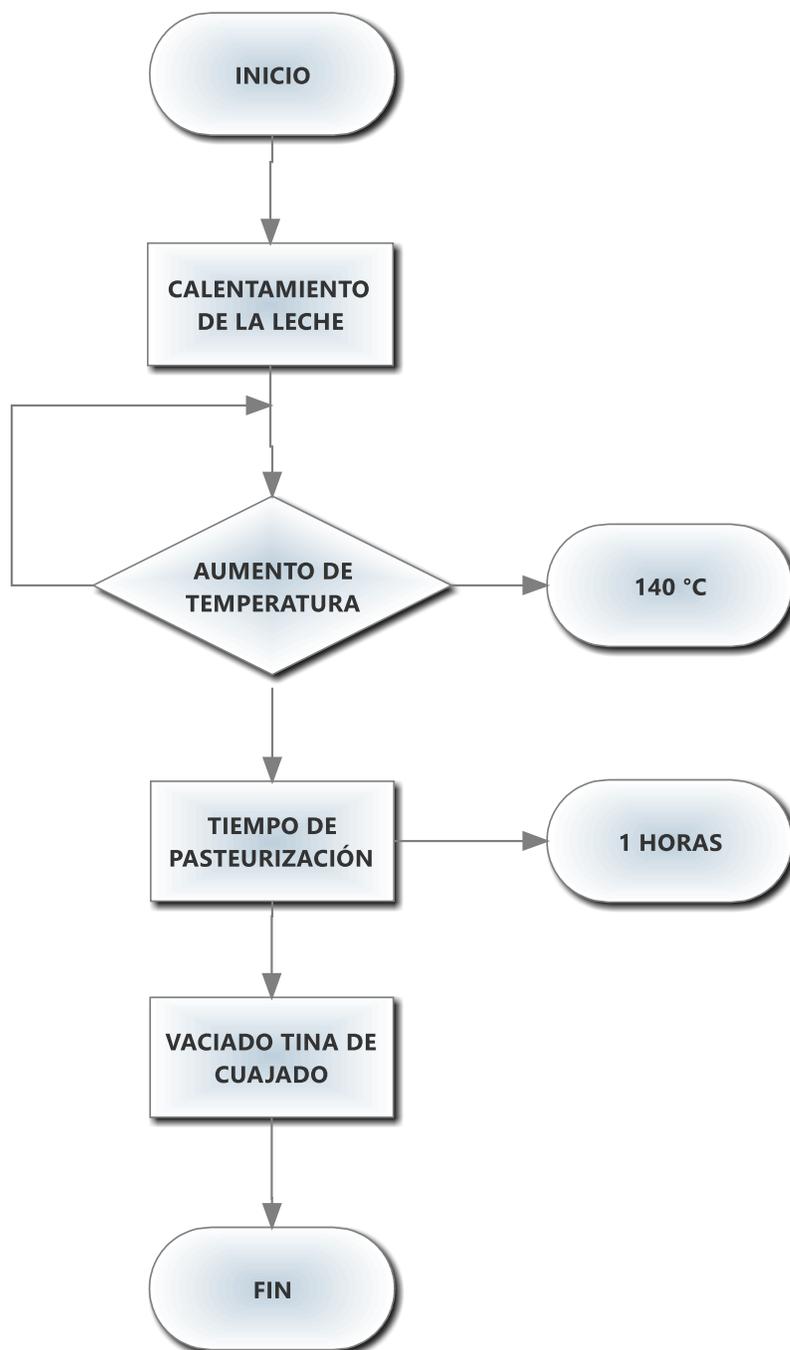
Grafica 2. Subrutina del proceso de la elaboración de queso.

SUB RUTINA PROCESO ELABORACIÓN DE QUESO



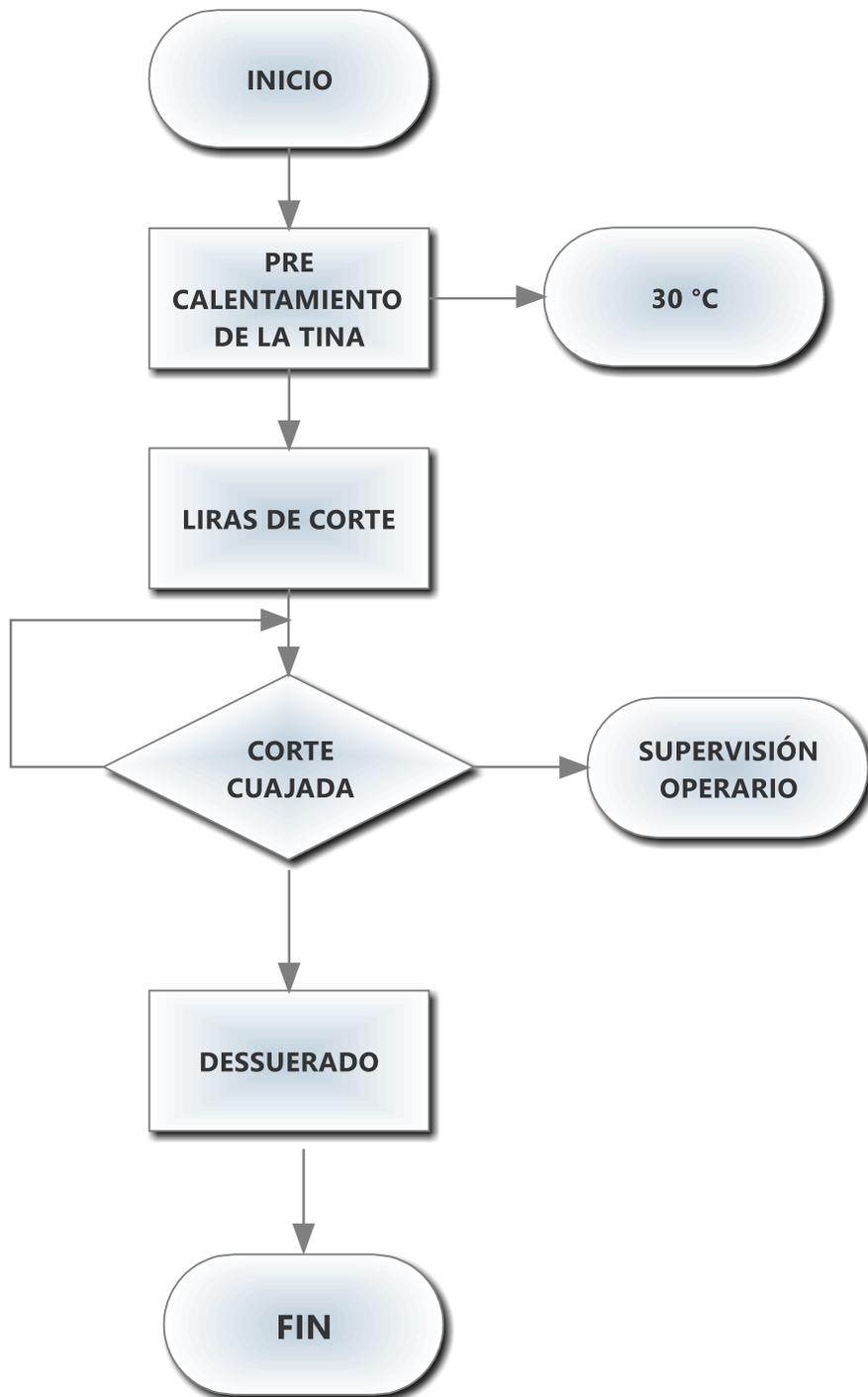
Grafica 3. Subrutina del proceso de Pausterización.

SUB RUTINA DE PASTEURIZACIÓN



Grafica 4. Subrutina del proceso de corte de cuajada

SUB RUTINA DE CORTE CUAJADA



8. CRONOGRAMA

El presente proyecto se desarrollará en un tiempo de 8 meses, en el cual la mayor parte de la elaboración del documento se llevará a cabo en las residencias de los ingenieros a cargo.

| N° | ACTIVIDADES | MESES | | | | | | | |
|----|---|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Revisión del estado del arte | | | | | | | | |
| 2 | Formulación de proyecto de automatización: Identificación del problema, alcance y justificación de la solución | | | | | | | | |
| 3 | Definición del proyecto: Identificar requerimientos del cliente y elaborar análisis de alto nivel para cumplir los requerimientos | | | | | | | | |
| 4 | Diseño del sistema: Realizar la ingeniería básica o de diseño conceptual y la ingeniería de detalle | | | | | | | | |
| 5 | Desarrollo del proyecto: Software y codificación | | | | | | | | |
| 6 | Elaboración del informe final | | | | | | | | |

9. CONCLUSIONES

La implementación de un sistema automatizado en el proceso de la elaboración de queso de una empresa distribuidora de productos lácteos. Permite corregir los problemas que se ocasionan por una mala operación por parte del personal de trabajo. Además, reduce los tiempos perdidos por producción, puesto que el sistema de control programado posee una rutina de arranque secuencial, y hace que dicho proceso inicie con las condiciones de temperatura, mejorando así la calidad del producto, aumento de la producción, confiabilidad y seguridad del proceso.

10. BIBLIOGRAFIA

- <http://www.poncelet.es/enciclopedia-del-queso/elaboracion.html>
- <https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S71200-MANUAL%20DEL%20SISTEMA.PDF>
- <http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200-CAT.PDF>
- <http://culturadelqueso.com/index.php/secretos-de-la-leche/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=N8oiAYFmwkU>
- [http://www.e-direct.endress.com/e-direct/portal/resource.nsf/imgref/Image_TM401_1.jpg/\\$FILE/TM401_1.jpg](http://www.e-direct.endress.com/e-direct/portal/resource.nsf/imgref/Image_TM401_1.jpg/$FILE/TM401_1.jpg)
- <http://www.poncelet.es/enciclopedia-del-queso/elaboracion.html>
- https://www.automation.siemens.com/salesmaterial/as/brochure/es/brochure_panels_es.pdf
- <http://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/food-beverage/Pages/food-and-beverage-industry.aspx>
- <http://normasicontec.org/como-hacer-la-bibliografia-en-normas-icontec/>
- <http://normasicontec.org/como-hacer-referencias-de-libros-con-normas-icontec/>
- <http://normasicontec.org/referencias-electronicas-en-normas-icontec-parte-2/>
- <http://normasicontec.org/referencias-electronicas-normas-icontec/>

11. ANEXOS

Anexo A. Especificaciones técnicas del autómata

| | Basic Paneles | | | | |
|--|---|---|--|---|---|
| | Manejo y visualización de aplicaciones sencillas a precio económico | | | | |
| | 2 nd Generation | 2 nd Generation | 2 nd Generation | 2 nd Generation | 2 nd Generation |
| |  |  |  |  |  |
| | KTP400 Basic | KTP700 Basic DP KTP700 Basic | KTP900 Basic | KTP1200 Basic DP KTP1200 Basic | KP300 Basic mono PN KP400 Basic color PN |
| Modo de operación | 4", táctil + teclas | 7", táctil + teclas | 9", táctil + teclas | 12", táctil + teclas | 3,6", teclas 4", teclas |
| Pantalla | Pantalla ancha TFT, 65k colores, retroiluminación LED | | | | LCD FSTN blanco y negro TFT Liquid Crystal |
| Tamaño (en pulgadas) | 4,3" | 7" | 9" | 12,1" | 3,6" 4,3" |
| Resolución (An x Al en píxeles) | 480 x 272 | 800 x 480 | 800 x 480 | 1.280 x 800 | 240 x 80 480 x 272 |
| MTBF ⁶⁾ de la retroiluminación (en h) | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 20.000 | 50.000 |
| Dimensiones frontales (en mm) | 141 x 116 | 214 x 158 | 267 x 182 | 330 x 245 | 165 x 97 150 x 186 |
| Elementos de mando | Pantalla y teclas táctiles | Pantalla y teclas táctiles | Pantalla y teclas táctiles | Pantalla y teclas táctiles | Teclas táctiles |
| Teclas de función (programables) / teclado del sistema | 4 / - | 8 / - | 8 / - | 10 / - | 10 / • 8 / • |
| Memoria útil | | | | | |
| Memoria de usuario | 10 MB | 10 MB | 10 MB | 10 MB | 1 MB |
| Memoria para opciones/recetas ⁴⁾ | - / 256 Kbytes | - / 256 Kbytes | - / 256 Kbytes | - / 256 Kbytes | - / 40 Kbytes |
| Búfer de avisos | • | • | • | • | • |
| Interfaces | | | | | |
| Serie / MPI / PROFIBUS DP / PROFINET (Ethernet) | - / - / - / • | - / • / • / - - / - / - / • | - / - / - / • | - / • / • / - - / - / - / • | - / - / - / • |
| Host USB/dispositivo USB | 1 / - | 1 / - | 1 / - | 1 / - | - |
| Slot para CF / Multimedia / SD | - / - / - | - / - / - | - / - / - | - / - / - | - / - / - |
| Funcionalidad (en configuración con WinCC TIA Portal) | | | | | |
| Sistema de avisos (número de avisos/categorías de avisos) | 1.000 / 32 | 1.000 / 32 | 1.000 / 32 | 1.000 / 32 | 200 / 32 |
| Sinópticos del proceso | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 |
| VARIABLES | 800 | 800 | 800 | 800 | 200 250 |
| Gráficos vectoriales | • | • | • | • | • |
| Diagramas de barras/curvas | • / f(t) | • / f(t) | • / f(t) | • / f(t) | • / f(t) |
| Faceplates | - | - | - | - | - |
| Recetas | 50 | 50 | 50 | 50 | 5 |
| Archivado/scripts Visual Basic | • / - | • / - | • / - | • / - | - / - |
| Funciones de PG | - | - | - | - | - |
| Conexión al controlador | | | | | |
| SIMATIC S7 / SIMATIC WinAC | • / • | • / • | • / • | • / • | • / • |
| SINUMERIK / SIMOTION | • / • | • / • | • / • | • / • | - / - |
| Allen Bradley / Mitsubishi | • / • | • / • | • / • | • / • | • / • • / - |
| Modicon / Omron | • / - | • / • • / - | • / - | • / • • / - | • / - |
| Software de ingeniería | | | | | |
| Configuración | a partir de WinCC Basic V13 | a partir de WinCC Basic V13 | a partir de WinCC Basic V13 | a partir de WinCC Basic V13 | a partir de WinCC Basic V11 |
| Opciones, aplicación | | | | | |
| Sm@rtServer / Audit / Logon | - / - / - | - / - / - | - / - / - | - / - / - | - / - / - |
| Servidor OPC / Internet Explorer | - / - | - / - | - / - | - / - | - / - |
| Referencia*) | 6AV2123-2DB03-0AX0 | 6AV2123-2GA03-0AX0 6AV2123-2GB03-0AX0 | 6AV2123-2JB03-0AX0 | 6AV2123-2MA03-0AX0 6AV2123-2MB03-0AX0 | 6AV6647-0AH11-3AX0 6AV6647-0AJ11-3AX0 |

¹⁾ configurable a discreción, ²⁾ seguridad F, siempre que esté soportada por las CPU, ³⁾ RS232 con adaptador, ⁴⁾ flash integrada, ampliable con tarjeta de memoria, ⁵⁾ sólo modo de observación

Sinopsis del producto

1.1 Introducción al PLC S7-1200

| Función | CPU 1211C | CPU 1212C | CPU 1214C |
|---|--|--|--|
| Dimensiones físicas (mm) | 90 x 100 x 75 | | 110 x 100 x 75 |
| Memoria de usuario • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente | • 25 KB • 1 MB • 2 KB | | • 50 KB • 2 MB • 2 KB |
| E/S integradas locales • Digitales • Analógicas | • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas | • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas | • 14 entradas/10 salidas • 2 entradas |
| Tamaño de la memoria imagen de proceso | 1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q) | | |
| Área de marcas (M) | 4096 bytes | | 8192 bytes |
| Ampliación con módulos de señales | Ninguna | 2 | 8 |
| Signal Board | 1 | | |
| Módulos de comunicación | 3 (ampliación en el lado izquierdo) | | |
| Contadores rápidos • Fase simple • Fase en cuadratura | 3 • 3 a 100 kHz • 3 a 80 kHz | 4 • 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz • 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz | 6 • 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz • 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz |
| Salidas de impulsos | 2 | | |
| Memory Card | SIMATIC Memory Card (opcional) | | |
| Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real | Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C | | |
| PROFINET | 1 puerto de comunicación Ethernet | | |
| Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales | 18 µs/instrucción | | |
| Velocidad de ejecución booleana | 0,1 µs/instrucción | | |

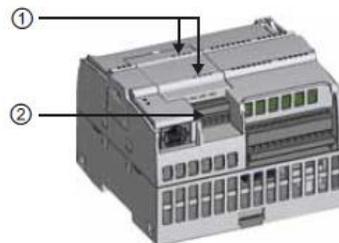
La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Boards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. Para más información sobre un módulo en particular, consulte los datos técnicos (Página 319).

| Módulo | | Sólo entradas | Sólo salidas | Entradas y salidas |
|--|-----------|--|--|---|
| Módulo de señales (SM) | Digital | 8 entradas DC | 8 salidas DC 8 salidas de relé | 8 entradas DC/8 salidas DC 8 entradas DC/8 salidas de relé |
| | | 16 entradas DC | 16 salidas DC 16 salidas de relé | 16 entradas DC/16 salidas DC 16 entradas DC/16 salidas de relé |
| | Analógico | 4 entradas analógicas 8 entradas analógicas | 2 salidas analógicas 4 salidas analógicas | 4 entradas analógicas/2 salidas analógicas |
| Signal Board (SB) | Digital | - | - | 2 entradas DC/2 salidas DC |
| | Analógico | - | 1 salida analógica | - |
| Módulo de comunicación (CM) | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • RS485 • RS232 | | | | |

1.2 Signal Boards

Una Signal Board (SB) permite agregar E/S a la CPU. Es posible agregar una SB con E/S digitales o analógicas. Una SB se conecta en el frente de la CPU.

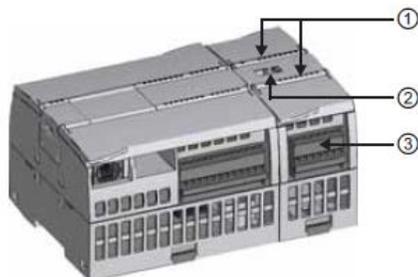
- SB con 4 E/S digitales (2 entradas DC y 2 salidas DC)
- SB con 1 entrada analógica



- ① LEDs de estado en la SB
- ② Conector extraíble para el cableado de usuario

1.3 Módulos de señales

Los módulos de señales se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU. Los módulos de señales se conectan a la derecha de la CPU.

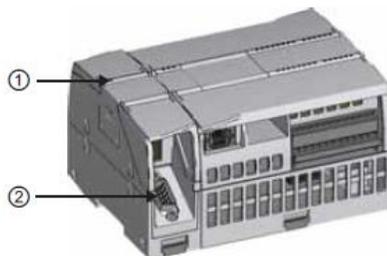


- ① LEDs de estado para las E/S del módulo de señales
- ② Conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

1.4 Módulos de comunicación

La gama S7-1200 provee módulos de comunicación (CMs) que ofrecen funciones adicionales para el sistema. Hay dos módulos de comunicación, a saber: RS232 y RS485.

- La CPU soporta como máximo 3 módulos de comunicación
- Todo CM se conecta en lado izquierdo de la CPU (o en lado izquierdo de otro CM)



- ① LEDs de estado del módulo de comunicación
- ② Conector de comunicación

Anexo B. Especificaciones técnicas del sensor de temperatura.

Hoja Técnica
TD 00075E/23/ES/02.15

Products

Solutions

Services

E//direct
High Quality – Low Price!

Sensor de temperatura RTD higiénico modular con salida Pt100 o 4...20 mA **iTHERM TM401**

Índice

- 2 [Aplicaciones / Funcionamiento >>>](#)
- 3 [Datos técnicos >>>](#)
- 4 [Dimensiones >>>](#)
- 5 [Conexión eléctrica >>>](#)
- 5 [Tabla de precios >>>](#)
- 7 [Contacte >>>](#)
- [Compre online >>>](#)



€ 81,-
de 11 a 35 unid.



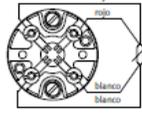
Para más información:
www.e-direct.endress.com/tm401

i Especificaciones generales:

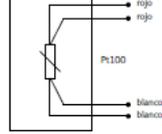
- Rango de medición:
-50...+200 °C
- Exactitud:
Pt100 según IEC 60751
- Longitud de inmersión (mm):
Seleccionable de 55 a 400 mm
- Sensor con rápida respuesta:
3,5 s (t₉₀), 9 s (t₆₃)

- Tecnología de sensor con rápida respuesta
- Excelente estabilidad a largo plazo
- Transmisor programable mediante PC

Endress+Hauser 
People for Process Automation

Conexión eléctrica
Regleta de terminales


Para conectar directamente el cable

Hilos sueltos


Para montaje del transductor para cabezal

Tabla de precios
Conexión a proceso según tipo y tamaño

| | |
|------------------|--|
| Código 1) | Rosca esférica para soldar TK40, bicono PEEK |
| A1A1 | fija, Ø 25 mm |
| A3A4 | deslizante, Ø 25 mm |

| | |
|------------------|--|
| Código 3) | Clamp / Sistema de sellado metálico |
| C1C1 | DN8-18 (0,5'-0,75') Microclamp, 3-A |
| C1C2 | DN8-18 (0,5'-0,75') Tri-clamp, 3-A |
| C1D1 | DN12-21.3 Clamp ISO2852, 3-A |
| C1D2 | DN25-38 (1'-1,5') Clamp ISO2852, 3-A |
| E1H1 | M12x1 Sistema de sellado metálico, EHEDG |
| E1H2 | G½ Sistema de sellado metálico, EHEDG |

| | |
|------------------|--|
| Código 2) | Rosca esférica para soldar TK40, bicono 316L |
| A1A3 | fija, Ø 25 mm |
| A3A6 | deslizante, Ø 25 mm |

| | |
|------------------|--|
| Código 4) | Clamp / Conexión sanitaria |
| C1D5 | DN40-51 (2') Clamp ISO2852, 3-A |
| D1E1 | Conexión sanitaria, DN25 DIN11851, 3-A |

| | |
|------------------|---|
| Código 5) | Conexión sanitaria, Rosca ISO228, Varivent SMS 1147 |
| D1E2 | Conexión sanitaria DN32 DIN11851, 3-A |
| D1E3 | Conexión sanitaria DN40 DIN11851, 3-A |
| D1E4 | Conexión sanitaria DN50 DIN11851, 3-A |
| F1J1 | Rosca G¾ ISO228 [adaptador FTL20], 3-A |
| F1J2 | Rosca G¾ ISO228 [adaptador FTL50], 3-A |
| F1J3 | Rosca G1 ISO228 [adaptador FTL50], 3-A |
| G1L2 | Tipo F Varivent Ø 50 mm, 3-A |
| G1L3 | Tipo N Varivent Ø 68 mm, 3-A |
| H1N1 | DN25 SMS 1147 |
| H1N2 | DN38 SMS 1147 |
| H1N3 | DN51 SMS 1147 |

Longitud de inmersión

| | |
|---------------|------------------|
| Código | Longitud* |
| X05 | 55...119 mm |
| X06 | 120...149 mm |
| X07 | 150...400 mm |

| ITERM TM401 (Pt100 con hilos sueltos) | | Referencia | | | Precio/unidad en € | | |
|---------------------------------------|-------------------------|------------|-----------|-------------------|--------------------|--------|---------|
| Cabezal | Dímetro de Vaina | Longitud** | | | 1 a 3 | 4 a 10 | 11 a 35 |
| Alu, IP66/68, NEMA tipo 4x | 6 mm, reducida +1,18 mm | mm | TM401-AA1 | B14 A30AA1A1+C1/C | 121,- | 109,- | 99,- |
| | | mm | TM401-AA1 | B14 A30AA1A1+C1/C | 105,- | 95,- | 86,- |
| | 6 mm, recta | mm | TM401-AA1 | A14 A30AA1A1+C1/C | 99,- | 89,- | 81,- |
| | | mm | TM401-AA1 | A14 A30AA1A1+C1/C | 114,- | 103,- | 94,- |
| | | mm | TM401-AA1 | A14 A30AA1A1+C1/C | 130,- | 117,- | 106,- |
| | | mm | TM401-AA1 | A14 A30AA1A1+C1/C | 189,- | 170,- | 155,- |
| 316L pulido, IP69K, NEMA tipo 4 | 6 mm, reducida +1,18 mm | mm | TM401-AA1 | B14 A30AR1A1+C1/C | 174,- | 156,- | 142,- |
| | | mm | TM401-AA1 | B14 A30AR1A1+C1/C | 167,- | 150,- | 137,- |
| | 6 mm, recta | mm | TM401-AA1 | A14 A30AR1A1+C1/C | 167,- | 150,- | 137,- |
| | | mm | TM401-AA1 | A14 A30AR1A1+C1/C | 182,- | 164,- | 149,- |
| | | mm | TM401-AA1 | A14 A30AR1A1+C1/C | 198,- | 178,- | 162,- |
| | | mm | TM401-AA1 | A14 A30AR1A1+C1/C | 198,- | 178,- | 162,- |

* Por favor, incluir el código para la longitud de inmersión.
 ** Por favor, especificar la longitud del sensor (55 a 400 mm)
 Precios aplicables en España hasta el 30/09/2016. Precios netos unitarios en €. Embalaje y transporte no incluidos. IVA no incluido.
 Plazos de entrega: 48 horas o 5 días laborables - consultar en www.e-direct.andress.com los plazos de entrega exactos.

Datos técnicos

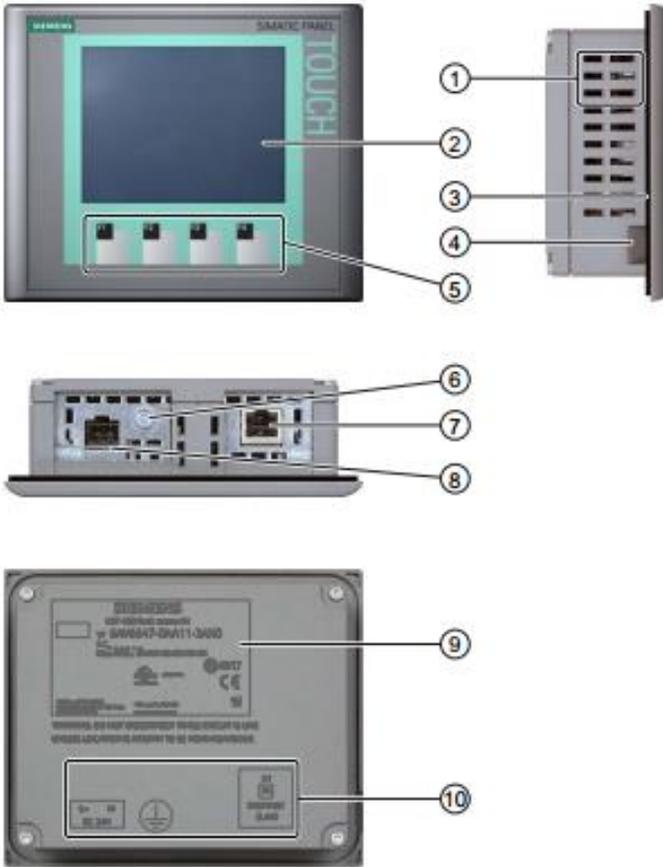
| | | | |
|--------------------------------------|---|--|---|
| Sensor | | Salida - Transmisor | |
| Sensor tipo | 1 x Pt100 película delgada | Señal de alarma | por rotura del sensor o cortocircuito ±3,6 mA ó ±21,0 mA |
| Tolerancia Clase | A según IEC 60751 | Carga máxima | $(V_{sup} - 10 V) / 0,022 A$ (corriente de salida) |
| Temperatura de proceso | -50 a +200 °C | Corriente mínima de entrada | ±3,5 mA |
| Material | 316L | Límite de corriente | ±23 mA |
| Rugosidad superficial | R_a ±0,76 µm; opcional R_a ±0,38 µm | Retardo en la conexión | 4 s (durante el encendido $I_a = 3,8 mA$) |
| Diámetro | 6 mm, recta / 8 mm reducida 5,3 x 20 mm / 6 mm reducida ±,1 x 18 mm | HART® | disponible como opción |
| Longitud de inmersión | 55 a 400 mm seleccionable | Alimentación - Transmisor | |
| Tiempo de respuesta* | t_{90} ±3,5 s / t_{95} ±9 s | Tensión de alimentación | $U_s = 10 a 35 V DC$, polaridad protegida |
| Máx. presión* | Hasta 40 bar | Rizado residual | permitido U_{R1} ±3 V a U_{R2} ±13 V, $f_{max} = 1 kHz$ |
| Conexión a proceso | | Exactitud - Transmisor | |
| Versión | Rosca deslucante TK40, Clamp, conexión sanitaria según DIN 11851, M12x1 o G1/2 sistema de sellado roscado metal-metal roscado según ISO 528 para Liquiphant adaptador para soldar, Varivent®, SMS1147 | Tiempo de respuesta del transmisor | 1 s |
| Cabezal | | Condiciones de referencia | Temperatura de calibración: +25 °C ±5 K |
| Grado de protección | IP 66/68 (según configuración) | Máximo error medido | 0,2 K |
| Presastopos conexión | eléctrica, poliamida o conector M12 | Influencia de la alimentación | ± 0,01%/V desviación de 24 V |
| Material | Aceero inoxidable 316L, aluminio, Polipropileno | Influencia de la temperatura ambiente (deriva de temperatura) | Sensor resistivo (Pt100): $T_d = \pm (15 ppm/K \times \text{span} + 50 ppm/K \times \text{presel meas. range}) \times \Delta\theta$ $\Delta\theta$ = Desviación de la temperatura ambiente según las condiciones de referencia (+25 °C ±5 K) |
| Condiciones de funcionamiento | | Estabilidad a largo plazo | ±0,1K/año ó ±0,05%/año |
| Máxima temperatura ambiente | -50...+150 °C (Depende del terminal utilizado, del presastopos o del conector) | Certificaciones* | |
| Máxima temperatura de almacenamiento | -50...+150 °C (Depende del terminal utilizado, del presastopos o del conector) | 3A, EHEDG, FDA, TSE, ASME BPE | |
| Clase climática | según EN 60654-1, Clase C | Certificado de calibración | |
| Resistencia a vibraciones y choques | de 3g en el rango de 0 a 500 Hz según IEC 60751 | Certificación de Material | |
| EMC | Inmunidad a interferencias EMC e interferencias de emisión según IEC 61326-1 | 3.1 Forma reducida certificado incluido en el estándar. Más certificados bajo petición | |

* según configuración

Fuente: <http://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/Temperature-measurement-thermometers-transmitters/Hygienic-RTD-thermometer-iTHERM-TM401>

Anexo C. Especificaciones técnicas de HMI

Design of the KTP400 Basic HMI device



- ① Recesses for mounting clamps
- ② Display / touch screen
- ③ Mounting seal
- ④ Guide for labeling strips
- ⑤ Function keys

- ⑥ Connection for functional ground
- ⑦ PROFINET interface
- ⑧ Power supply connector
- ⑨ Rating plate
- ⑩ Interface name

Design of the KTP600 DP Basic HMI device



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| ① Display / touch screen | ⑦ Power supply connector |
| ② Recesses for mounting clamps | ⑧ Rating plate |
| ③ Mounting seal | ⑨ Interface name |
| ④ Function keys | ⑩ DIP switch |
| ⑤ RS-422/485 interface | ⑪ Guide for labeling strips |
| ⑥ Connection for functional ground | |

| | KTP400 Basic Mono PN | KTP600 Basic Mono PN | KTP600 Basic Color DP | KTP600 Basic Color PN |
|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 x RS 422/RS 485 | - | - | Max. 12 Mbps | - |
| 1 x Ethernet | RJ45 10/100 Mbps | RJ45 10/100 Mbps | - | RJ45 10/100 Mbps |

Supply voltage

| | KTP400 Basic Mono PN | KTP600 Basic Mono PN | KTP600 Basic Color DP | KTP600 Basic Color PN |
|--------------------------------------|--|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Rated voltage | +24 VDC | | | |
| Range, permissible | 19.2 to 28.8 V (-20%, +20%) | | | |
| Transients, maximum permissible | 35 V (500 ms) | | | |
| Time between two transients, minimum | 50 s | | | |
| Current consumption | <ul style="list-style-type: none"> • Typical • Constant current, maximum • Power on current surge I^2t | | | |
| | <p style="text-align: center;">Approx. 240 mA Approx. 800 mA Approx. 0.2 A²s</p> | | | |
| Fuse, internal | Electronic | | | |

Miscellaneous

| | KTP400 Basic Mono PN | KTP600 Basic Mono PN | KTP600 Basic Color DP | KTP600 Basic Color PN |
|----------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Realtime clock | Yes, unbuffered | | | |

Display

| | KTP1000 Basic Color DP | KTP1000 Basic Color PN | TP1500 Basic Color PN |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------------------|
| Type | LCD TFT | | |
| Display area, active | 211.2 mm x 158.4 mm (10.4") | | 304.1 mm x 228.1 mm (15") |
| Resolution, pixels | 640 x 480 | | 1024 x 768 |
| Colors, displayable | 256 | | |
| Brightness control | Yes | | |
| Backlighting | CCFL | | |
| Half brightness life time, typical | 50,000 h | | |

Input device

| | KTP1000 Basic Color DP | KTP1000 Basic Color PN | TP1500 Basic Color PN |
|-----------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Type | Touch screen, analog resistive | | |
| Function keys | 8 function keys | | No |
| Labeling strips | Yes | | No |

Memory

| | KTP1000 Basic Color DP | KTP1000 Basic Color PN | TP1500 Basic Color PN |
|--------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Application memory | 1024 KB | | |

Interfaces

| | KTP1000 Basic Color DP | KTP1000 Basic Color PN | TP1500 Basic Color PN |
|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 x RS 422/RS 485 | Max. 12 Mbps | - | |
| 1 x Ethernet | - | RJ45 10/100 Mbps | |

Fuente:

https://www.automatyka.siemens.pl/docs/docs_ia/HMI_KTP400_KTP600_KTP1000_TP1500.pdf