

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS- ESPE**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**INGENIERIA MECATRONICA**

Stalin Rivadeneira Q.

[stalinandres\\_3@hotmail.com](mailto:stalinandres_3@hotmail.com)

(593)0995055009

Byron Orozco M.

[bforozcomoreno@hotmail.com](mailto:bforozcomoreno@hotmail.com)

(593)999767007

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CLEAN IN PLACE EN BASE A LA NORMA NTC5245 PARA SEIS ESTACIONES DE ORDEÑO EN LA HACIENDA "LA ALBORADA" UBICADA EN LA PROVINCIA DEL CARCHI.**

## RESUMEN

Este artículo propone el diseño y la construcción de un sistema Clean in Place en base a la Norma Técnica Colombiana NTC 5245, "Prácticas de limpieza y desinfección para plantas y equipos utilizados de la industria láctea" para el sistema de ordeño mecánico de la hacienda "la Alborada".

El sistema Clean in Place cuenta con dos tipos de limpieza, una limpieza rutinaria y una limpieza especial.

Debido a los detergentes que se usan en cada tipo de limpieza, los mismos que necesitan temperaturas específicas para que reaccionen correctamente, se diseña una etapa de calentamiento de agua, una etapa de dosificación de detergentes y una etapa de descarga.

El sistema CIP recircula la mezcla por la red de tuberías, pezoneras y ductos limpiándolos y sanitizándolos de forma automática.

**PALABRAS CLAVE:** Limpieza in situ, Piedra de Leche, Dosificador Automático, Calentador de Agua, Control Secuencial.

## ABSTRACT

This article shows the design and construction of a Clean in Place system based on the Colombian Technical Standard NTC 5245, "Practices for cleaning and disinfection plants and equipment used in the dairy industry" for the milking system of the farm "La Alborada".

This system contains two cleaning options, a rutinary cleaning and a special cleaning.

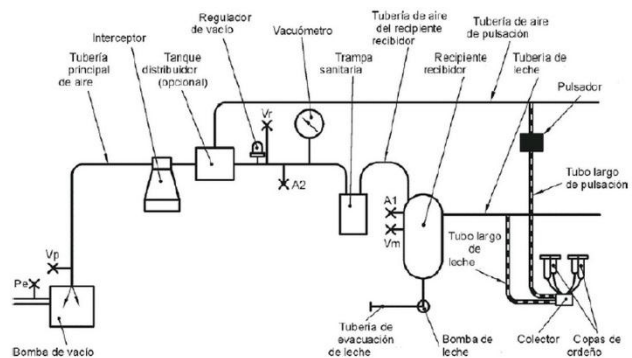
Owing to detergents used in every kind of cleaning, they need specific temperatures to react correctly, a step of heating water, a detergent dosing stage and discharge stage are designed.

The CIP system recirculates the mixture through the piping, nipple shields and ducts, cleaning and disinfecting automatically.

**KEY WORDS:** Clean in Place, Milk Stone, automatic dispenser, water heating, sequential controls.

## INTRODUCCIÓN

Se desea elaborar un sistema que limpie y desinfecte los componentes del sistema de ordeño, sin desmontar ninguna de las partes que lo conforman, luego de cada sesión de ordeño.



**Fig1.** Componentes del sistema de ordeño.

El objetivo es erradicar la formación de la Piedra de Leche de los ductos, tuberías y demás accesorios del sistema de ordeño para reducir las UFC, Unidades Formadoras de Colonias, las cuales son las encargadas de la descomposición de la leche, mejorando así su calidad higiénica.

## ETAPAS DE UN SISTEMA CLEAN IN PLACE

### Etapa de Calentamiento

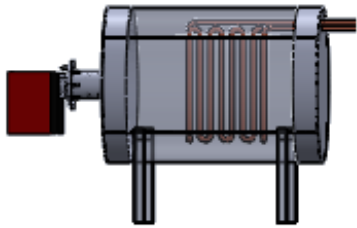


Fig2. Calentador de agua

Los detergentes requeridos para la limpieza deben ser mezclados con agua caliente para que reaccionen y remuevan la grasa, la proteína y la piedra de leche que quedan dentro de los ductos del sistema luego de haber ordeñado.

Se realiza el diseño mediante el análisis de la transferencia de calor, para determinar la potencia que se requiere para elevar la temperatura de un caudal de 20lts/min de agua de 10°C a 80°C.

Donde:

$$q = \dot{m} * Cp * \Delta T \quad [W]$$

$$q = 12,55 * 10^4 \quad [W]$$

Esa cantidad de calor requerida será suministrada por un quemador de diésel donde el calor requerido será la suma del calor que aporta la llama más el calor que aportan los gases.

$$q_f = q_{llama} + q_{gases} \quad [W]$$

$$q_{llama} = 80 \text{ KW}$$

$$q_{gases} = 45,5 \text{ KW}$$

Para que los gases lleguen a aportar los 45,5 KW faltantes al agua, el área de contacto de los gases será el factor determinante para alcanzar dicha potencia.

Partiendo de esto se calcula la longitud del serpentín necesario para que el agua gane el calor mediante convección forzada.

$$q_{conv} = h * Ac * \Delta t_{conv} \quad [W]$$

$$Ac = \pi * D * L_{serpentin}$$

$$L_{serpentin_{llama}} = 17,18 \text{ m}$$

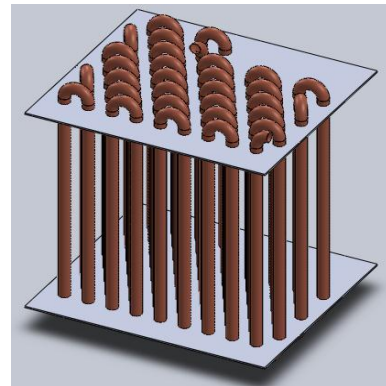


Fig3. Arreglo de los tubos del serpentín  
(Arreglo triangular 30°)

### Etapa de Dosificación

Para suministrar al agua la cantidad de los detergentes de forma automática, se diseñó un método de dosificación de presión negativa como se ve en la Fig4, donde el paso del detergente se da mediante una electroválvula.

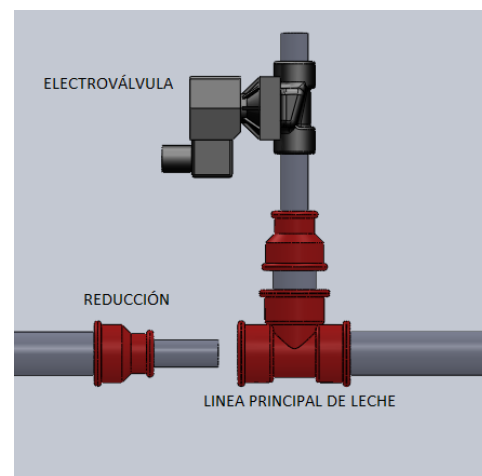


Fig4. Etapa de Dosificación

Según la conservación de la energía de Bernoulli, cuando disminuye el diámetro de la tubería aumenta la velocidad del fluido, lo que genera una presión

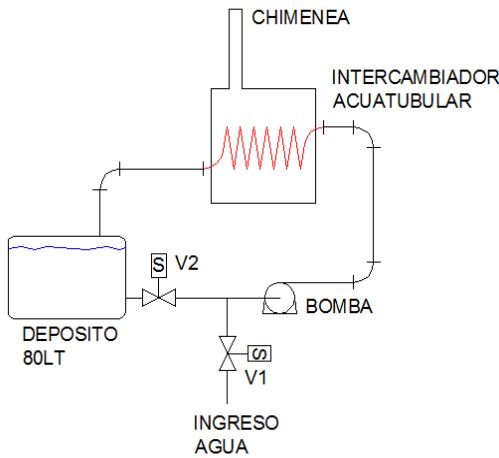
negativa en la Te succionando el detergente y mezclándolo con el agua de forma instantánea.

El tiempo de apertura de la válvula será el que entregue la cantidad de detergente al agua, con un caudal constante de 45cm<sup>3</sup>/seg de detergente, mediante una microbomba, el tiempo de apertura para 80cm<sup>3</sup> será de 1,77 segundos.

**Etapas de descarga.**

En esta etapa se calcula las potencias de las bombas que se requieren para que la velocidad del fluido se encuentre dentro de los parámetros de la norma.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_R - h_L = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$



**Fig5.** Circuito de Calentamiento

Mediante al análisis de la conservación de la energía de Bernoulli, se calcula la columna de agua que la bomba debe entregar al sistema.

$$h_A = \frac{v_2^2}{2g} + h_L$$

Para luego calcular la potencia nominal de la bomba.

$$P_A = h_A \cdot \gamma \cdot Q [W]$$

Dónde:  $h_L$  = Pérdidas de energía en el sistema.

$$h_L = H_l + H_s$$

$H_l$  = pérdidas primarias debido a la longitud de la tubería.

$H_s$  = pérdidas secundarias debido a los accesorios del sistema.

$$h_L = 16,41 [m]$$

$$h_A = 16,76 [m]$$

$$P_A = 54,25 [W]$$

La potencia mecánica de la bomba es el 83% de la potencia eléctrica, por lo que:

$$P_I = \frac{P_A}{eM} [W]$$

$$eM = 0,83$$

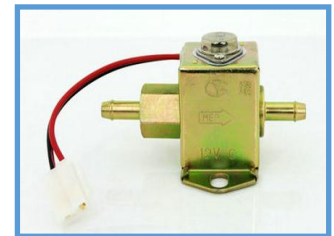
$$P_I = 65,36 [W]$$

**SENSORES Y ACTUADORES**

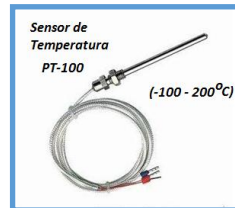
Para que el sistema funcione de forma automática, se deberá seleccionar e implementar los sensores y actuadores que hagan esto posible.



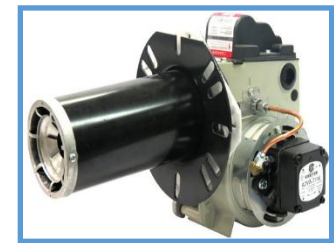
Electroválvulas



Micro-bombas



Sensor de Temperatura



Quemador de Diésel



Sensores de Nivel



Bombas

**Controlador Lógico Programable (PLC).**

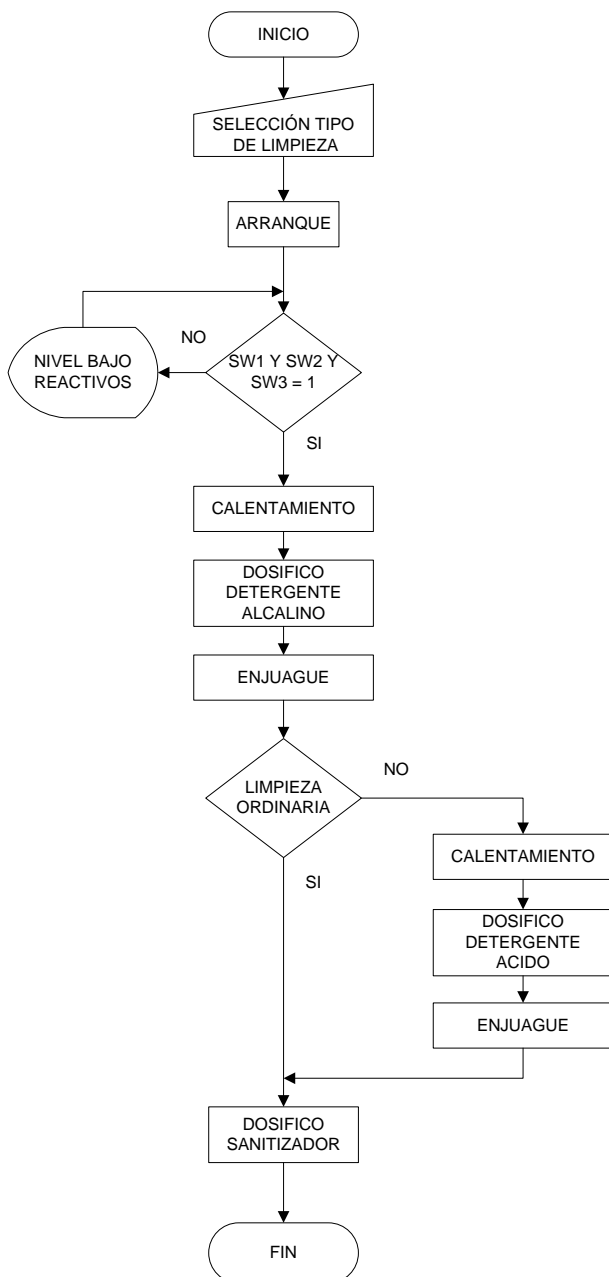
El equipo que controla todos los sensores y actuadores es un PLC, el cual mediante su programación, accionará en orden secuencial cada uno de los actuadores del sistema, dando los calentamientos, las dosificaciones y las recirculaciones

necesarias según requiera el sistema para cumplir con la norma mencionada.



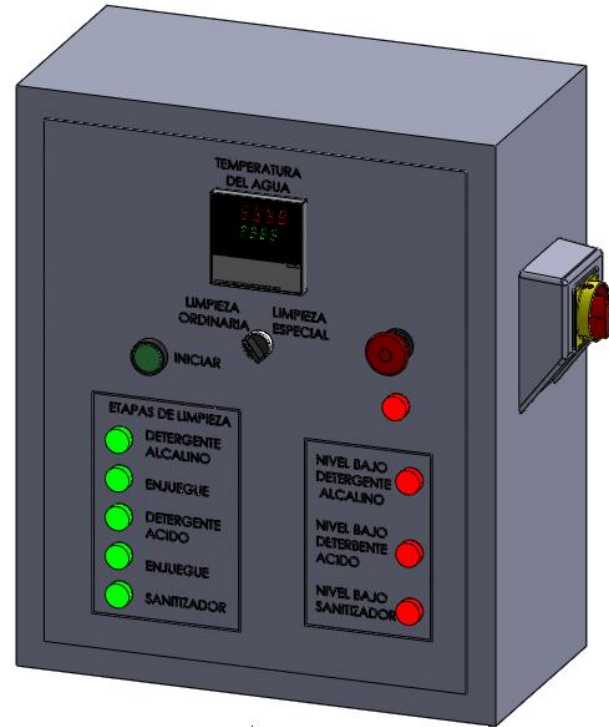
**Fig6.** PLC Siemens S7-1214C

Se muestra el diagrama de flujo del algoritmo de control programado.



### Interfaz Humano Máquina (HMI)

Para poder visualizar cada etapa del sistema, se diseñó un panel de control, en el cual se puede observar la temperatura del agua, seleccionar el tipo de limpieza, así como también verificar el nivel de los contenedores de los detergentes y las alarmas.



**Fig7.** Panel de Control

### VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS

Luego de un protocolo de pruebas y exámenes, se observa que la limpieza del sistema de ordeño arroja resultados de laboratorio satisfactorios, en los cuales las UFC no superan los 50.000 partes por mililitro, lo que hace que el sistema cumpla con el objetivo de limpiar y desinfectar el sistema de ordeño, cumpliendo con las prácticas de limpieza que rige la norma.

**Fig8.** Resultado del análisis de muestra de leche

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- La selección adecuada de componentes permitió optimizar recursos y aumentar la eficiencia del proceso, el uso del diseño recurrente permite la mejora continua de cualquier diseño, disminuye el tiempo de elaboración y permite llegar a resultados óptimos siguiendo una secuencia ordenada de pasos.
- En la industria láctea, El sistema CIP “Clean in Place” o Limpieza in situ, es un sistema de limpieza integro, capaz de eliminar todos los residuos de la producción sin tener que desmontar los accesorios, tuberías, bombas, tanques, y demás complementos que forman parte del proceso de producción para cuidar la calidad higiénica de los productos.
- Se consiguió que el sistema Clean in Place, para seis estaciones de ordeño, cumpla con la norma NTC-5245 “Prácticas de limpieza y desinfección para plantas y equipos utilizados en la industria láctea”. La cual especifica todos los parámetros que debe tomarse en cuenta para realizar una limpieza adecuada.
- Luego de haber realizado las pruebas de calentamiento se pudo constatar que el volumen requerido de agua para la limpieza se llega a calentar a 80°C en un periodo de entre 4 a 5 minutos, lo que hace que se disminuya el tiempo del proceso de lavado, ya que antes al calentar el agua en una hornilla les tomaba entre 15 y 20 minutos y esta no siempre se encontraba en la temperatura necesaria al momento de lavado, debido a que en su traslado existía pérdida de calor.
- Se consiguió elaborar un dosificador que entregue las cantidades exactas de cada reactivo, 80cm<sup>3</sup> de detergente alcalino, 80cm<sup>3</sup> de detergente ácido y 160 cm<sup>3</sup> de sanitizador según la etapa del proceso de limpieza en la que se encuentra.
- Las bombas seleccionadas, tanto para la recirculación al intercambiador como la de recirculación al sistema de ordeño, entregan el caudal requerido por la norma y cumplen con sus diferentes objetivos, calentar el agua para que la mezcla haga efecto y recircularla en flujo turbulento para una mejor remoción de la piedra de leche.
- Se implementó una HMI de fácil operación en la cual se puede seleccionar el tipo de limpieza que se desea realizar, así como también se puede visualizar en qué etapa de lavado se encuentra.
- Debido al trabajo continuo y la exposición directa que tiene el serpentín a la llama del quemador, se pudo notar a lo largo del periodo de pruebas que la tubería de cobre sufre una deshidratación volviéndose más flexible de lo normal, por lo que se debería analizar la posibilidad de cambiar de material.
- Dada la exposición directa que tiene el serpentín a la llama del quemador, se recomienda para próximos diseños usar un serpentín de acero inoxidable, el mismo que presenta una mayor resistencia a la temperatura. Tomando en consideración que se deberá realizar un nuevo análisis, para la selección de la bomba de recirculación en el calentamiento debido a la diferencia en el coeficiente de rugosidad de la tubería de acero.
- Mejorar las acometidas eléctricas colocándolas dentro de tubería o canaleta, para de esta manera proteger el cableado y la integridad de los operadores.
- Antes de operar el sistema CIP se debe seguir las recomendaciones y procedimientos expuestos en el manual de usuario, para de esta manera lograr un funcionamiento eficiente y sobre todo garantizar la seguridad mientras se encuentra en marcha el sistema.
- La velocidad de los fluidos en el intercambiador de calor debe mantener un flujo turbulento a lo largo del proceso, por lo que se recomienda diseñar los sistemas de calentamiento de manera que se puedan alcanzar las velocidades que permiten esos flujos, ya sea por medio del cambio de la bomba a una de mayor caudal, o por la reducción de la sección transversal por donde circula el fluido, tomando en cuenta que esta última aumentara las pérdidas de presión a la salida del intercambiador.
- Luego del ordeño y el enfriamiento de la leche, el medio de transporte de la misma debe ser el adecuado, por lo que se recomienda se lo haga únicamente en contenedores o bidones de acero inoxidable, que se encuentren previamente lavados y sanitizados, para evitar la proliferación de bacterias y perder todo el trabajo ganado con la limpieza de la tubería.
- Desmontar una vez al año la tubería de extracción de leche para dar un mantenimiento preventivo, complementando la limpieza ordinaria realizada por el sistema CIP, eliminando de esta manera cualquier riesgo a que se forme la

piedra de leche o pueda existir algún tipo de proliferación bacteriana.

## BIBLIOGRAFÍA

(n.d.). Retrieved from

[http://i01.i.aliimg.com/wsphoto/v1/322250001\\_1/Electromagnetic-font-b-pump-b-font-for-combine-harvester-YANMAR-KUBOTA-12V.jpg](http://i01.i.aliimg.com/wsphoto/v1/322250001_1/Electromagnetic-font-b-pump-b-font-for-combine-harvester-YANMAR-KUBOTA-12V.jpg)

(19, 06 2014). Retrieved from CONRAD:

<http://www.conrad.com/ce/en/product/197494/Siemens-6ES7214-1HG31-0XB0-SIMATIC-S7-1200-CPU-1214C-Compact-CPU-DCDCRelay-14-DI-10-DO-2-AI-50Kb>

(2013). Retrieved 01 13, 2013, from Directorio

Electrónico Ecuatoriano: [www.direcuador.com](http://www.direcuador.com)

(2014, Junio 6). Retrieved from

[http://www.piecechaudiere.com/media/catalog/category/dela\\_2.jpg](http://www.piecechaudiere.com/media/catalog/category/dela_2.jpg)

**Aceros Arequipa. (n.d.).** Catalogo de Productos. Arequipa.

**Arian. (n.d.). Nota2:** Que son y como funcionan las termocuplas. Santiago.

**Bahamondes, P. A., & Dümmer, W. O. (n.d.).**

Potencia y Rendimiento de la Caldera. Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).

**BURNERS, R. (2014).** ONE STAGE LIGHT OIL BURNERS. Legnago: ICIM.

**Cálculo de chimeneas. (n.d.).** Retrieved from [campusvirtual.edu.uy/.../CALCULO%20DE%20CHIM](http://campusvirtual.edu.uy/.../CALCULO%20DE%20CHIM) M

**Camsco Electric Co. Ltd. (n.d.).** Retrieved from <http://www.camsco.com.tw/floatless-level-control/P46.html#>

**Carmona, M., Acosta, A., & Tibaquirá, J. (2003).** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN QUEMADOR EXPERIMENTAL DE ACPM DE ALTA PRESION TIPO CAÑON. *Scientia et Technica*, 69-74.

**Carnetec. (2012).** Retrieved 01 12, 2013, from <http://www.carnetec.com>

**Celis, M., & Juárez, D. (2009).** Microbiología de la leche. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.

**Cengel, Y. A. (2004).** Transferencia de Calor. En Y. A. Cengel, *Transferencia de Calor* (pág. 730). Nevada: Mc Graw Hill.

**Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía. (2009, Octubre).** Retrieved from Secretaría de Energía de los Estados Unidos Mexicanos: <http://www.conuee.gob.mx>

**Corporación Eléctrica Lima. (2014, Junio 6).** Corporación Eléctrica Lima. Retrieved from

<http://www.corporacionelectricalima.com/web/taablerodecontroldemotoresbtmt.html>

**Coto Technology. (2006).** Horizontal Liquid Level Sensor.

**DANFOSS. (2014, Junio 6).** Danfoss España. Retrieved from <http://www.danfoss.com/Spain/Products/Categories/Detail/HE/Componentes-para-quemador/Boquillas-de-pulverizacion/OD/030B0114/d32f8c31-dc28-484f-acb9-ec10d5405a94/462aa88f-8ab1-4c01-86f7-41e42d7d4f05.html>

**De la Vega, A. (2005).** Leche de calidad higiénica y sanitaria adecuada. Facultad de Agronomía y Zootecnia, 1-2.

**Decreto Ejecutivo. (2002).** Reglameto de buenas practicas para alimentos procesados. Quito: Decreto ejecutivo 3253, Registro oficial.

**Departamento de Ingenieria Quimica de la universidad de Castilla. (n.d.).** Diseño de Chimeneas. Ciudad Real: Universidad de Castilla la Mancha.

**Fluke. (2014, Junio 07).** Retrieved from Fluke: <http://www.fluke.com/fluke/eces/thermometers/fluke-568-566.htm?PID=56090>

**Fuji Electric Systems Co., Ltd. (2010).** Micro Controller PXR. Japón.

**Incropera, F. P., & De Witt, D. (1999).** Fundamentos de Transferencia de Calor. In F. Incropera, & D. De Witt, *Fundamentos de Transferencia de Calor* (p. 8). Mexico: Prentice Hall Hispanoamericana S.A.

**INEN. (1998).** Uso e instalacion de calentadores de agua a gas de paso continuo y acumulativo. Quito: INEN.

**INGE-CAP LTDA. (n.d.).** Normas de Diseño. Ingemecánica. (n.d.). Retrieved from Cálculo de Instalaciones de Bombeo de Agua: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutoriaIn206.html#anexos2>

**Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (INCOTEC). (2004).** PRÁCTICAS DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN PARA PLANTAS Y EQUIPOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA LACTEA (NTC 5245). Bogota: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (INCOTEC).

**Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (n.d.).** Centro Regional de Investigación. Remehue.

**LSIS. (2014).** Interruptores y contactores en baja tensión. Lima.

**Martínez, R. (n.d.).** Consideraciones acerca del diseño de chimeneas. Área de cálculo, diseño y construccion.

**Mott, R. (2006).** Mecánica de Fluidos. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.

**Neoquim Cia. Ltda.** (n.d.). Detergente Ridstone Alka. Pedrollo. (n.d.). Catalogo General 60Hz.

**Puleva Salud. (n.d.). Puleva Salud.** Retrieved from [http://www.pulevasalud.com/ps/contenido.jsp?ID=7737&TIPO\\_CONTENIDO=Articulo&ID\\_CATEGORIA=222&ABRIR\\_SECCION=2&RUTA=1-2-47-222](http://www.pulevasalud.com/ps/contenido.jsp?ID=7737&TIPO_CONTENIDO=Articulo&ID_CATEGORIA=222&ABRIR_SECCION=2&RUTA=1-2-47-222)

**REPSOL Refineria La Pampilla. (2014, Junio 06).** FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD. Retrieved from REPSOL: [https://imagenes.repsol.com/pe\\_es/g84%20010607\\_tcm18-422402.pdf](https://imagenes.repsol.com/pe_es/g84%20010607_tcm18-422402.pdf)

**Santana, R., & Uribe, C. (2006).** RUTINA DE ORDEÑA Y CALIDAD HIGIÉNICA DE LA LECHE. 1-2.

**Secretaria de Energía. (2007).** Eficiencia en Calderas y Combustión. Mexico D.F.

**Serth, R. W., & Lestina, T. G. (n.d.).** Proceso de Transferencia de Calor: principios, aplicaciones y reglas generales. Book Aid International.

**Siemens. (2014, Junio 6).** Siemens. Retrieved from Siemens: <http://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/simatic-s7-controller/Pages/Default.aspx>

**Siemens AG. (2009).** SIMATIC S7-1200, microcontrolador para Totally Integrated Automation.

**Ursa Glasswool. (n.d.).** URSA. Retrieved from <http://www.ursa.es/>

**Velásquez Ingenieros Asociados. (n.d.).** Velásquez Ingenieros Asociados. Retrieved from [http://www.velasquez.com.co/paginas/rele\\_de\\_nivel.htm](http://www.velasquez.com.co/paginas/rele_de_nivel.htm)

**Vidri. (2014, Junio 6).** Retrieved from <https://www.vidri.com.sv/producto/65553>

**Villalba, D. A. (2012, Julio 11).** Scribd. Retrieved from Scribd: <http://www.scribd.com/doc/99802321/Sistema-Cip>