UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

DISEÑO DE UN HORNO ROTATORIO PARA DESHUMEDECER LA ARCILLA EN LA EMPRESA COSMOS S.A.C. EN EL AÑO 2019

TESIS

Presentada por:

Bach. LUIS GARAY AROCUTIPA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA – PERÚ

2021

ACTA DE SUSTENTACION DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Acta de sustentación en la modalidad de Tesis (oral –virtual) para obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico.

En la ciudad de Tacna, siendo las 19:00 horas del día 28 de abril del 2021, mediante la plataforma virtual **Google Meet** de acuerdo a la Resolución de Facultad N°06649-2021-FAIN/UNJBG de fecha 27 de abril del 2021 y ante el jurado calificador conformado por:

Dr. Jesús Placido Medina Salas	**:**	**Presidente**
Mtro. Avelino Godofredo Pari Pinto	**:**	**Secretario**
Mtro. Reynaldo Clemente Telles Ríos	**:**	**Vocal**

Acto seguido, el Presidente del Jurado Calificador da inicio al acto de sustentación, solicitando al Secretario dar lectura de la Resolución de Facultad mencionada. Luego el recurrente Bachiller **LUIS GARAY AROCUTIPA,** dio inicio a la sustentación de su tema "**Diseño de un horno rotatorio para deshumedecer la arcilla en la empresa COSMOS S.A.C., en el año 2019".**

Al final de la sustentación, el recurrente procedió a absolver las preguntas formuladas por el Jurado Calificador, quienes luego pasaron a deliberar, y de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos vigente de la FAIN, se declaró por unanimidad aprobando con la nota de Quince (15).

Siendo las 20:40 horas del mismo día, el Jurado Calificador invito al Sustentante para darle a conocer el veredicto final, con lo que se da por terminado el presente acto de sustentación, al cual damos fe firmando.

.....
Dr. Jesús Plácido Medina Salas
Presidente

.....
Mtro. Avelino Godofredo Pari Pinto
Secretario

.....
Mtro. Reynaldo Clemente Telles Ríos
Vocal

DEDICATORIA:

A mis padres Elvis y María del Rosario,

A mis hermanos Elvis, Fernando y Kiara, que son el impulso que tengo en mi crecimiento como persona y profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por haberme permitido pertenecer a una excelente familia, quienes me forjaron como la persona que actualmente soy.

A mis padres, por la educación y formación.

A mis maestros, que durante la etapa de aprendizaje supieron aconsejarme y darme las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente.

A mis amigos, por sus buenos consejos y motivación.

CONTENIDO

Pág.

PÁGINA DEL JURADO ii

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTO iv

CONTENIDO v

ÍNDICE DE TABLAS viii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

RESUMEN xi

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3

1.1. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA 3

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 6

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA 6

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES 7

1.4.1. Alcances 7

1.4.2. Limitaciones 7

1.5. OBJETIVOS 8

1.5.1. Objetivo general.....8

1.5.2. Objetivos específicos.....8

1.6. HIPÓTESIS.....8

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 9

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO 9

2.1.1. Antecedentes internacionales 9

2.1.2. Antecedentes nacionales 10

2.2. BASES TEÓRICAS.....11

2.2.1. Conceptos de las partes del horno rotatorio 11

2.2.2. Transferencia de calor 18

2.2.3. Norma técnica peruana de secado de arcilla 20

2.2.4. Propiedades de la arcilla en la zona sur del Perú 21

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 23

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....27

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 27

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA (SEGÚN EL CASO) 27

3.2.1. POBLACIÓN.....27

3.2.2. MUESTRA.....28

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....28

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS 28

3.5. PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS.....29

CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....30

4.1. RESULTADOS.....30

4.1.1. Cálculos paramétricos térmicos para el secado de arcilla dentro del secador rotatorio.....30

4.1.2. Evaluación y selección de estructuras y equipamiento que constituyen el horno rotatorio.....31

4.2. DISCUSIÓN.....81

CONCLUSIONES.....83

RECOMENDACIONES.....84

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....85

ANEXOS.....91

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Operacionalización de variables Independiente y Dependiente 28

Tabla 2. Instrumentos para recolección de datos 29

Tabla 3. Datos iniciales para el cálculo del horno rotatorio.....30

Tabla 4. Consumo de equipos eléctricos.....68

Tabla 5. Precipitación de lluvias por mes 70

Tabla 6. Paradas para el mantenimiento correctivo en el mes de setiembre del 2018....71

Tabla 7. Pérdida diaria 76

Tabla 8. Flujo de ingreso.....76

Tabla 9. Flujo de egreso 77

Tabla 10. Costos de trabajos y equipos para la instalación.....78

Tabla 11. Indicadores para el VAN y TIR 79

Tabla 12. Formulación de datos 80

Tabla 13. Resultado del análisis económico 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Humedad relativa del mes de septiembre 2018 4

Figura 2. Termómetro de bulbo seco y bulbo húmedo 12

Figura 3. Resistencia eléctrica en un calentador de aire 13

Figura 4. Cilindro hueco para el horno rotatorio 15

Figura 5. Ventilador centrífugo. 16

Figura 6. Flujo perpendicular de aire para el horno rotativo 17

Figura 7. Transmisión por cadena de rodillos 17

Figura 8. Transferencia de calor de caliente a frío 18

Figura 9. Transferencia de calor mediante convección forzada para la arcilla 19

Figura 10. Transferencia mediante radiación 19

Figura 11. Transferencia de calor por conducción 20

Figura 12. Estadística de producción de ladrillos en el Perú 22

Figura 13. Propiedades del aire a 1 atm 35

Figura 14. Fórmula del número de Nusselt 36

Figura 15. Mecanismo de funcionamiento del horno rotatorio 41

Figura 16. Tambor rotatorio 44

Figura 17. Circuito de resistencias térmicas 49

Figura 18. Ecuaciones para el análisis del tambor 50

Figura 19. Pérdidas sobre la pared del tambor rotatorio. 50

Figura 20.Ventilador de 0,25 kW.....54

Figura 21. Resistencia calentador Calelec 55

Figura 22. Fórmulas parametrizadas 58

Figura 23. Diagramas de fuerza cortante y momento flector.....59

Figura 24. Altura de la sección en la arcilla dentro del tambor 61

Figura 25. Cálculo del momento de inercia por software 62

Figura 26. Motorreductor Shimpo de 3,5 Hp.....64

RESUMEN

La presente tesis titulada "**Diseño un horno rotatorio para deshumedecer la arcilla en la empresa Cosmos S.A.C. en el año 2019",** tiene como propósito solucionar a través del diseño térmico, mecánico y económico la preparación de un horno rotatorio. Con el uso de herramientas bibliográficas se efectuaron los cálculos viables, resolviendo de manera adecuada el objetivo de diseñar el horno rotatorio.

Tras un paciente estudio, se descubrió que para el diseño térmico la arcilla requiere de 112544,17kcal y se obtiene de una fuente de calor tipo resistiva de 90 kW, para el diseño mecánico se obtuvo 3 mm de espesor de acero AISI 1020 para el tambor y un diámetro de 0,4 m para el eje donde se apoyará la carga. Para la viabilidad del proyecto se obtuvo un VAN de S/. 895 558,07 y un TIR de 1027 % con lo que se concluyó la presente tesis.

Palabras clave: Arcilla, Deshumedecer, Diseño, Horno rotatorio.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Design a rotary kiln to dehumidify clay in the company Cosmos S.A.C. in 2019", its purpose is to solve the preparation of a rotary kiln through thermal, mechanical and economic design. Viable calculations were made with the use of bibliographic tools, adequately solving the objective of designing the rotary kiln.

After a patient study, it was discovered that for the thermal design the clay requires 112544.17kcal and is obtained from a resistive type heat source of 90 kW, for the mechanical design, 3 mm thick AISI 1020 steel was obtained for the drum. and a diameter of 0.4 m for the axis where the load will be supported. For the viability of the project, a NPV of S /. 895 558.07 and an IRR of 1027% with which the present thesis was concluded.

Keywords: Clay, Dehumidify, Design, Rotary kiln.

INTRODUCCIÓN

Dentro de una economía de mercado, es una constante, la necesidad de que una empresa obtenga mayores ingresos económicos, tampoco es ajeno que las empresas siempre estén buscando reducir costos de operación para mejorar su rentabilidad, por ello, se aplica las tecnologías de producción. En las empresas ladrilleras el manejo de la arcilla es fundamental para el producto comercial.

En la empresa Cosmos S.A.C. se emplea mano de obra no calificada para solucionar problema que son circunstanciales, pero, no lo es, para trabajos repetitivos, para ello, se utiliza la tecnología, que permite ahorrar tiempo y dinero.

Durante la investigación, se concluyó que la solución del tratamiento térmico de la arcilla es fundamental, siendo necesario el diseño de un horno rotatorio, cuya descripción se establece en el trabajo.

En el primer capítulo se aborda el problema de la investigación, basado en la producción de la empresa ladrillera Cosmos, antecedentes, problemática de la investigación, formulación del problema, justificación e importancia, así como los alcances y limitaciones de la investigación.

El segundo capítulo describe el marco teórico, el mismo que contiene los antecedentes o investigaciones anteriores vinculadas con la tesis, todos ellos relacionados con el diseño de un horno rotatorio.

Mientras, en el tercer capítulo se expone la metodología de la investigación que se realizará, aplicando la forma no experimental, la operacionalización de variables, recolección de datos y el proceso y análisis de datos.

En el cuarto capítulo referido a resultados y discusión, se contrasta los resultados del diseño de manera térmica, mecánica y económica y se realiza una confrontación sobre las similitudes y/o discrepancias de los resultados de esta tesis con respecto a los antecedentes de estudios.

Finalmente, se detallan las conclusiones y recomendaciones, sobre el diseño del horno rotatorio para deshumedecer la arcilla en la empresa Cosmos S.A.C., culminando con las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMA

En los tiempos actuales, las empresas tienen que ser competitivas, innovadoras para poder enfrentarse con éxito en un panorama cambiante donde las industrias tienen que competir con sus similares de la región y de otras partes del país.

En ese sentido la Empresa Ladrillera Cosmos S.A.C., es una organización familiar que está transitando por un proceso de crecimiento, siendo necesario la evaluación del proceso de producción, detectándose el índice de frecuencia en paradas, que ha ocasionado pérdidas en la materia prima y en horas hombre, lo que trae como consecuencia que se produzcan retrocesos, mermas en los productos, notándose que la humedad relativa es más acentuada en el mes de setiembre en la ciudad de Tacna, esta condición genera dilatación en el secado de arcilla, por lo que se ha considerado necesario almacenar la materia prima durante 2 a 3 meses antes de ser utilizado.

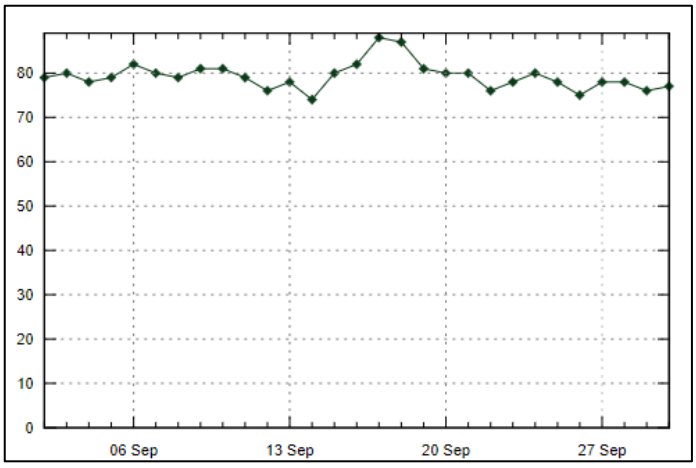


Figura 1. Humedad relativa del mes de septiembre 2018

Fuente: Historia del tiempo en Perú

Por otro lado, la presencia lluvias durante el mes de septiembre, humedece la arcilla del área de acopio, por lo que se recomienda un mínimo porcentaje de humedad, debido a que esta condición disminuye la producción de ladrillos debido a que se presentan problemas en la producción de ladrillos condiciones elevadas de humedad relativa y porque la lluvia baja la cantidad óptima de producción de ladrillos como consecuencia de la presencia de la humedad en el interior de la cámara del molino (zaranda), lo cual, obstruye la salida del material ocasionando paradas intempestivas.

Un estudio minucioso sobre el tema descrito, impulsó la propuesta del diseño de un horno rotatorio para deshumedecer la arcilla en la empresa Cosmos S.A.C., con la finalidad de superar la continuas paradas que se presentan en la producción de ladrillos.

1.1.1 Antecedentes del problema

A lo largo de los años se ha presentado el problema en el área de chancado o molienda de algunos minerales debido al % de humedad de relativa y según las condiciones atmosféricas de los distintos lugares donde se encuentra la planta concentradora.

Según recomendaciones de diseño de equipos de chancado y molienda recomiendan tener en cuenta el grado de humedad ya que son nefastas para los equipos de chancado convencionales utilizados en la actualidad, por lo que, siempre será recomendable reducir a la roca o disminuir la granulometría antes de la etapa de chanchado.

1.1.2. Problemática de la investigación

En las construcciones de albañilería, las técnicas y sobre todo la calidad de ladrillos de arcilla, varían de un lugar a otro, por la calidad de la materia prima, por los procesos de selección, moldeo, secado y cocción; y, principalmente por el tipo de proceso de producción, ya sea artesanal (moldeo y cocción artesanal), semi-industrial (moldeo mecanizado y cocción artesanal) o industrial (moldeo y cocción mecanizada).

En todo lo señalado, es importante destacar la calidad de arcilla a utilizar y el proceso del chancado y molienda, tomando en consideración el grado de humedad de la materia prima y el tipo de equipo de chancado utilizados actualmente, por ello,

surgió la necesidad de diseñar un horno rotatorio para quitar la humedad del interior de la cámara del molino, lo que ocasiona las paradas que producen pérdidas en la empresa Cosmos S.A.C.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El diseño adecuado del horno rotatorio permitirá disminuir el número de paradas que se presentan en la producción de ladrillo de la empresa Cosmos S.A.C.?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La propuesta de un diseño de un equipo de secado de arcilla es una herramienta para mejorar el proceso de molienda de la arcilla, dando mejores condiciones de trabajo para los equipos de molienda, mayor producción y crecimiento a empresas que decidan utilizarlo.

Por esta razón, se planificó efectuar una investigación para el diseño de un equipo que prepare satisfactoriamente la materia prima en el proceso de molienda de la empresa Cosmos S.A.C., a fin de reducir considerablemente las paradas por obstrucción y los mantenimientos correctivos que presenta el molino actual, debido a la humedad de la materia prima.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcances

Tras un paciente trabajo de investigación se consiguió diseñar un horno rotatorio para deshumedecer la arcilla a fin de lograr un efectivo proceso de elaboración del ladrillo.

Dentro del diseño se consiguió los parámetros térmicos, mecánicos y económicos. Con los cálculos obtenidos se seleccionó los materiales como el espesor de la plancha de acero AISI 1020 en base al volumen y peso requerido por la empresa; a la vez, se seleccionó la resistencia eléctrica que será fuente del calor para la deshumedecer y la viabilidad del aspecto económico.

1.4.2. Limitaciones

Las limitaciones afrontadas fueron de parte de la empresa, que planteó confidencialidad, por lo que, los trámites para obtener datos de Cosmos S.A.C., fue una limitante puesto que no se obtuvo toda la información necesaria para realizar esta investigación, a pesar que la necesidad existe.

Mediante la observación se pudo obtener datos relevantes como las dimensiones que requiere la empresa, así como también los trabajadores necesarios para dicha labor.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un horno rotatorio para deshumedecer la arcilla en la empresa Cosmos S.A.C. en el año 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Calcular los parámetros térmicos en el proceso de deshumedecer de la arcilla dentro del horno rotatorio.
- Calcular y seleccionar estructuras y equipos que conformaran el horno rotatorio.
- Realizar la evaluación económica del proyecto mediante los indicadores VAN Y TIR.

1.6. HIPÓTESIS

Es factible diseñar un horno rotatorio para deshumedecer la arcilla para la empresa Cosmos S.A.C. en el año 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Antecedentes internacionales

Cárdenas Tulcán, Romero Ortega y Ortega López (2010) en la Tesis titulada "Investigación, diseño y construcción de una máquina secadora de abono orgánico para la planta de abonos de PRONACA", proponen el diseño de un horno rotatorio para el secado de abono orgánico.

Desarrollan una investigación aplicada y en las conclusiones del trabajo, se indica que el diseño de la máquina, brinda la posibilidad de que cuando se necesite realizar un mantenimiento tanto preventivo como correctivo, se pueda efectuar en la misma empresa, sin necesidad de utilizar equipos o talleres tecnológicos especializados, donde la utilización de las cartas psicométricas permite reducir los cálculos tediosos perdurando su exactitud.

Paredes Cifuentes y Doerner Hitschfeld (2009) en la Tesis: "Proyecto Cámara de secado para madera elaborada", preparan un proyecto de ingeniería de una cámara de secado para madera de pino radiata, con una capacidad de 1 000 pulgadas, seleccionando los equipos y componentes necesarios para su funcionamiento.

Ellos a través de una investigación aplicada, concluyeron que en el “proyecto se aplicaron los cálculos térmicos necesarios para determinar la capacidad calórica que se requiere en el secado de madera de pino radiata. La capacidad calorífica de la cámara de secado proyectada fue de 54 000 kcal/h lo que permite secar una cantidad de 1 000 pulgadas de madera. El cálculo de la capacidad calorífica que se necesita para diferentes tipos material es importante.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Cubas (2018) en su Tesis Diseño de un Secador Rotatorio de 1,5 ton. para deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú 2018, diseñó un secador rotatorio para deshidratar semillas de café.

La técnica de la investigación fue aplicada y en las conclusiones del trabajo indica que se obtuvo los resultados de los parámetros térmicos dentro del secador rotatorio a través del uso de fórmulas de la termodinámica dando como resultado 741, 57 kg de gua evaporada en un tiempo de secado 18 h, 49 min. y como resultado un 11 % de humedad final del café, que cumple con los estándares de humedad para almacenamiento y exportación, en base a los parámetros térmicos dentro del secador rotatorio.

Panduro, Ramírez, Tunjar y Vásquez (2013) en la Tesis: Diseño, construcción e instalación de un secador rotatorio para materiales granulados en la FIQ-UNAP, desarrollaron una investigación aplicada y en las conclusiones de esta investigación

indican que “se aplicó los mecanismos básicos de transferencia de calor al diseño del secador rotatorio, deduciéndose de este modo la ecuación, la cual se programó y simuló en una hoja de cálculo de Excel para estimar el espesor de aislante térmico que debe tener el cilindro Rotatorio”.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Conceptos de las partes del horno rotatorio

- **Secado con aire a elevada temperatura**

Es muy usado cuando hay que deshidratar alimentos y en otros usos también llamado deshumificadores, puesto que se encarga de retirar el agua mediante aire seco (Abarca, Sánchez, 2014). El secado ocurre cuando se realiza una transfería de calor respecto del aire caliente y la arcilla siendo la arcilla movida constantemente por la estructura cilíndrica en un determinado tiempo se obtendrá un secado adecuado (Kuperman de la Puente, 2004 y Nico Pretell, 1992).

- **Bulbo húmedo**

Para hallar los valores de la humedad relativa. “Se debe hacer el uso de las cartas psicométricas se requiere la medida de temperaturas y una de ellas es la medición con el termómetros para la parte sensible se humecta con un algodón y luego se mide” (Panduro Cárdenas et al., 2013).

- **Bulbo seco**

De la misma manera para hallar la humedad relativa. “Se debe hacer el uso de las cartas psicométrica y en este caso el bulbo o sea la parte sensible del termómetro debe estar seca” (Pérez Herrera, 2006). En la siguiente figura se podrá apreciar los dos tipos de bulbos.

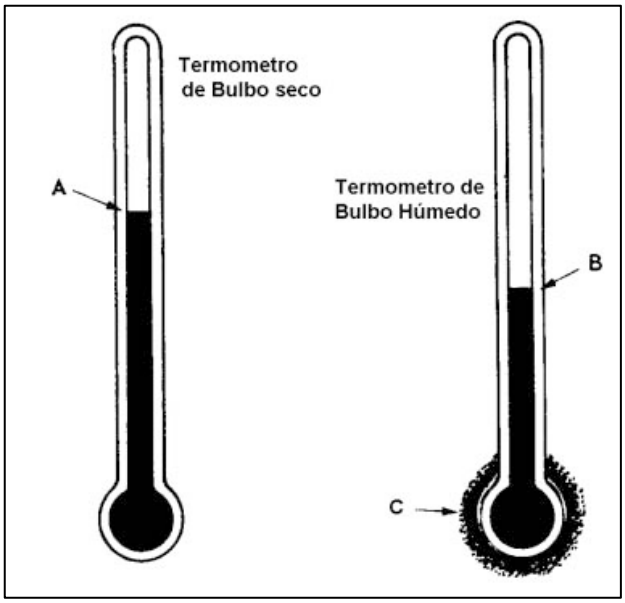


Figura 2. Termómetro de bulbo seco y bulbo húmedo
Fuente: ¿Qué es el termómetro de bulbo húmedo?

- **Calentador eléctrico**

“Los calentadores eléctricos funcionan con el principio con la ley de Ohm, la cual por medio del flujo de aire estos últimos ganarán calor, que transmitirá a la arcilla” (Nico Pretell, 1992). Dentro de sus componentes internos se encuentra la resistencia eléctrica, lo cual, se puede medir con un ohmímetro o con el aparato

común comercial multímetro, que puede ser análoga o digital. “El consumo eléctrico de esta resistencia se puede calcular con la formula I=V/R, en donde I es la intensidad de corriente eléctrica, V es el voltaje y R es la resistencia” (Wattco, 2015). Regularmente el voltaje se contrata con el distribuidor y queda fijo su valor en voltios, la resistencia queda fija según cual se elija.

“Al paso de la corriente eléctrica por la resistencia esta se convertirá en calor y es ahí la utilidad para realizar el secado de la arcilla” (Kuperman de la Puente, 2004).

Figura 3. Resistencia eléctrica en un calentador de aire
Fuente: Resistencias calefactoras

- **Tambor de forma cilíndrica de acero**

Este tipo de horno rotatorio que en muchos casos lo mencionan también como secador de tipo tambor. “Es un tipo de horno que puede almacenar grandes cantidades de arcilla permitiendo la transferencia de calor mediante convección del aire calentado y a la vez por la conducción por la pared del horno Rotatorio”(Abarca y Aldaz, 2014). “Este tipo de horno no solo es usado para el secado de arcilla también es usado para la producción del cemento gracias a que el diseño permite que tenga una inclinación sutil es utilizado en la industria cementera” («Hornos Rotatorios-Cemento | ABB», s. f.).

“El concepto de su funcionamiento consta en trasladar la materia granular que en nuestro caso será la arcilla luego esta gira sobre un eje con apoyos de rodillos” (Telema, 2000). Para esto es necesario realizar el cálculo del espesor del material para que no ceda a los límites elásticos.

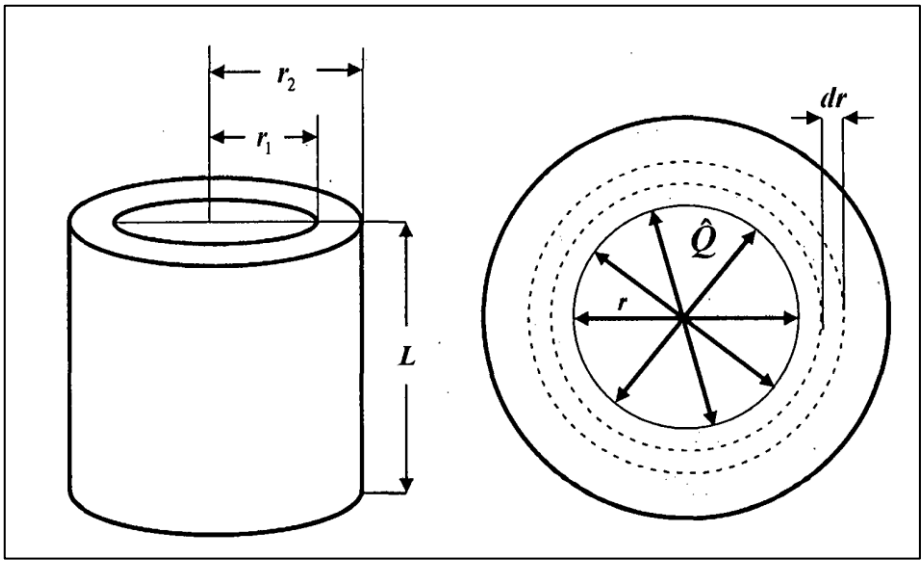


Figura 4. Cilindro hueco para el horno Rotatorio
Fuente: Panduro Cárdenas, 2013

- **Ventilador centrífugo**

"El ventilador centrifugo guía al aire a una dirección seleccionada por el usuario, que en otras palabras, es el aire que entra en una dirección y esta es propulsionada a un ángulo de entre 80° y 90°" («¿Qué es un ventilador centrífugo?: Explicación sencilla», s. f.). Estos tipos de ventilador son ideales para trabajar en alto caudal y baja presión.

Estos tipos de ventilador son ideales para el trabajo de altas temperaturas y tiene altas ventajas a las presiones de tracción y compresión.

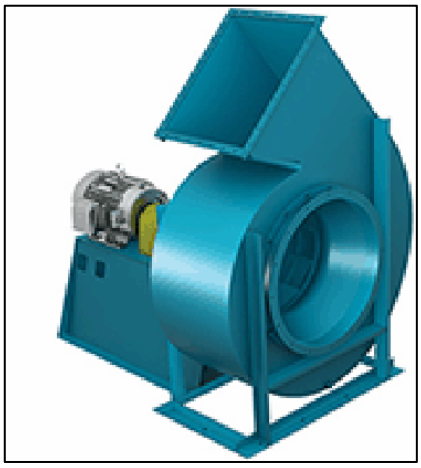


Figura 5. Ventilador centrífugo
Fuente: Cubas Arbildo, 2018.

- **Aire caliente de flujo perpendicular en el horno rotatorio**

La arcilla tendrá que deshidratarse. “Por lo que la arcilla en forma granular se encuentra dentro del tambor Rotatorio la cual estará girando aproximadamente a 20 revoluciones por minuto, se presentará el inconveniente de arrastre presentado por pequeñas partículas, pero el aire caliente que pasará por la arcilla será de manera transversal” (Nico Pretell, 1992).

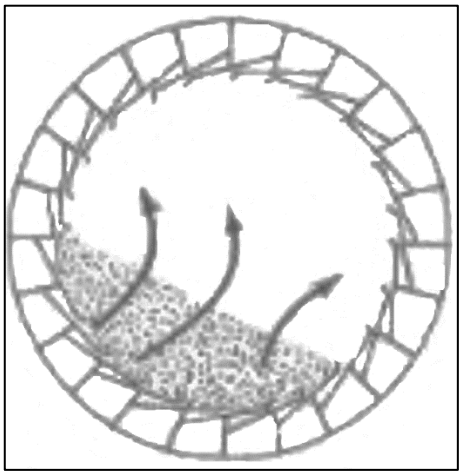


Figura 6. Flujo perpendicular de aire para el horno rotativo
Fuente: Nico Pretell, 1992

- **Transmisión de potencia por cadena de rodillo**

La transmisión por cadena permitirá el giro del tambor. “Por lo que para realizar los cálculos se tendrá una información básica de entrada como las revoluciones del tabor y también la potencia del motor o del tambor” (Alva, 2009, p. 88).

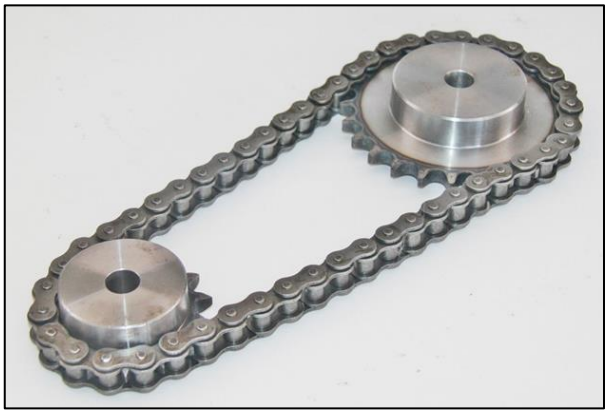


Figura 7. Transmisión por cadena de rodillos
Fuente: Proceso de manufactura II - Transmision por engranajes y cadena, s. f.

- **Transferencia de calor**

La transferencia de calor transmite energía calorífica en un determinado tiempo. “Esta se diferencia de la termodinámica puesto que se busca cuantificar el proceso de traspaso de calor de un cuerpo de alta temperatura a otra de baja temperatura para los análisis de ingeniería” (Çengel y Ghajar, 2011, p. 1).

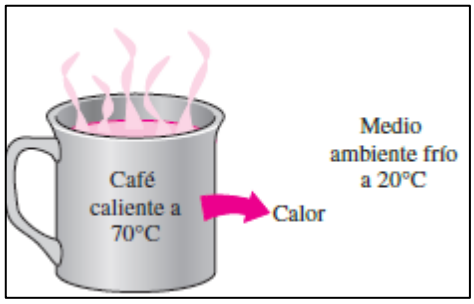


Figura 8. Transferencia de calor de caliente a frio
Fuente: Çengel y Ghajar, 2011.

- **Convección**

La transferencia de calor que se realiza mediante un fluido es llamado convección. “Estos son los efectos que se combinan mediante transferencia de calor por conducción y la dinámica de fluidos por lo que en nuestro caso del horno Rotatorio este tipo de transferencia será el de mayor porcentaje” (Çengel y Ghajar, 2011).

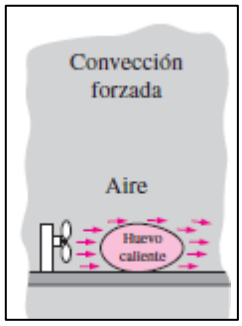


Figura 9. Transferencia de calor mediante Convección forzada para la arcilla
Fuente: Çengel y Ghajar, 2011

- **Radiación**

La transferencia de calor mediante la radiación no requiere un medio para transmitirse. “A diferencia de la conducción y convección que requieren un medio para transmitirse en este tipo de transferencia se realiza mediante la longitud de onda tal como lo hace el sol a la tierra” (Bergman y Incropera, 2011).

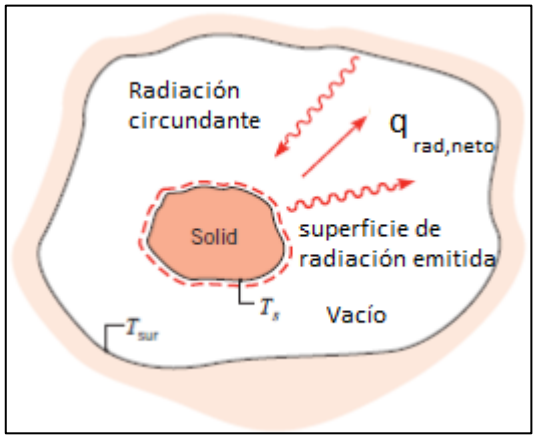


Figura 10. Transferencia mediante radiación
Fuente: Bergman y Incropera, 2011

- **Conducción**

La transferencia de calor mediante conducción requiere el movimiento de las partículas energéticas mediante un sólido generalmente. “La conducción puede transmitirse mediante líquido, gas o sólido. Las partículas colisionan mediante vibraciones y estas son transportadas por los electrones libres a una determinada rapidez” (Çengel y Ghajar, 2011).

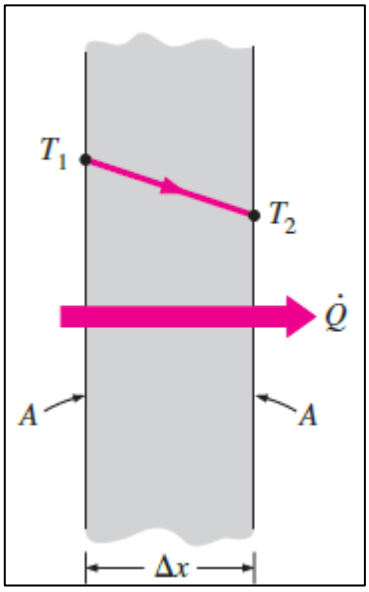


Figura 11. Transferencia de calor por conducción
Fuente: Çengel y Ghajar, 2011

2.3. NORMA TÉCNICA PERUANA DE SECADO DE ARCILLA

Mediante Resolución Directoral nro. 057-2017-INACAL/DN y su norma técnica peruana 399.611. “Plantean parámetros básico para la fabricación de

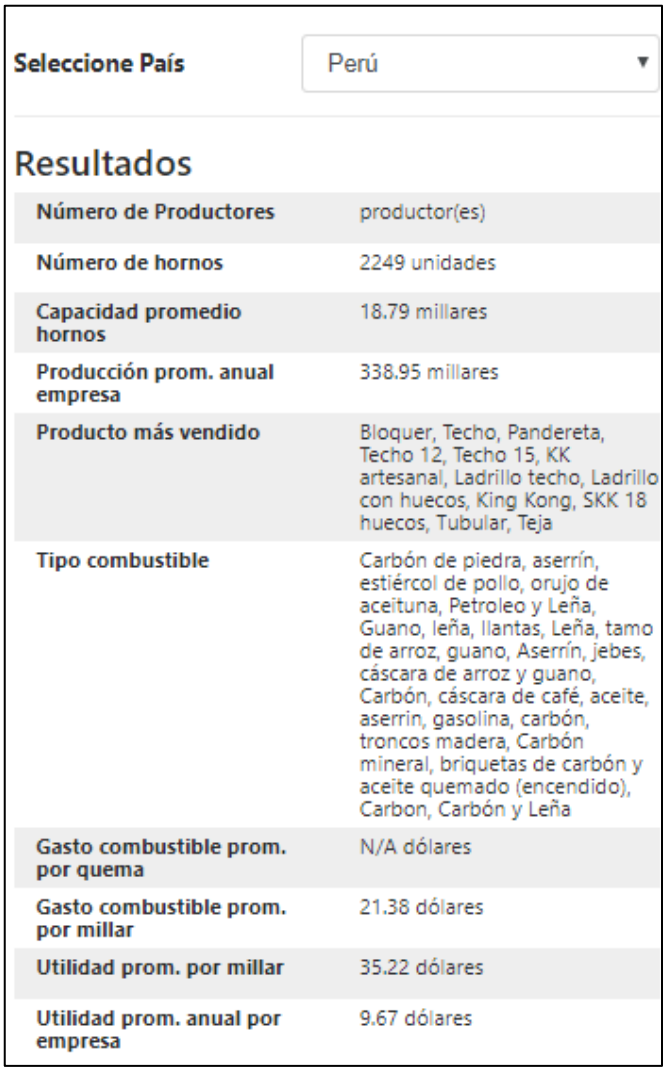
ladrillos teniendo en cuanta desde su adquisición de insumos hasta las pruebas mecánicas" (INDECOPI, 2005; PRODUCE, 2018).

2.4. PROPIEDADES DE LA ARCILLA EN LA ZONA SUR DEL PERÚ

2.4.1. Característica física de la arcilla

2.4.1.1. Porcentaje de fabricación de ladrillos en la zona sur del Perú

En el Perú para la producción del ladrillo, en los hornos se utiliza distintos tipos de combustibles que son contaminante al medio ambiente. "Según http://www.redladrilleras.net/estadisticas/ tenemos una estadística de producción anual de 338,95 millares, esta cifra conlleva a que sea un negocio rentable" (Estadísticas, s. f.) .



Seleccione País: Perú

Resultados

Número de Productores	productor(es)
Número de hornos	2249 unidades
Capacidad promedio hornos	18.79 millares
Producción prom. anual empresa	338.95 millares
Producto más vendido	Bloquer, Techo, Pandereta, Techo 12, Techo 15, KK artesanal, Ladrillo techo, Ladrillo con huecos, King Kong, SKK 18 huecos, Tubular, Teja
Tipo combustible	Carbón de piedra, aserrín, estiércol de pollo, orujo de aceituna, Petroleo y Leña, Guano, leña, llantas, Leña, tamo de arroz, guano, Aserrín, jebes, cáscara de arroz y guano, Carbón, cáscara de café, aceite, aserrin, gasolina, carbón, troncos madera, Carbón mineral, briquetas de carbón y aceite quemado (encendido), Carbon, Carbón y Leña
Gasto combustible prom. por quema	N/A dólares
Gasto combustible prom. por millar	21.38 dólares
Utilidad prom. por millar	35.22 dólares
Utilidad prom. anual por empresa	9.67 dólares

Figura 12. Tipos de combustibles para el ladrillo en el Perú
Fuente: Estadísticas», s. f.

2.4.1.2. Tipos de secado en la zona sur del Perú

En el ámbito nacional se utilizan los hornos de grandes capacidades, estos hornos están situados en la región de Lima siendo de 54 T en promedio.

2.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Arcilla: La arcilla es muy usada en la industria ladrillera, que tiene agregado de silicato de aluminio hidratado. Con la adición del agua se vuelve plástica.

Cadena: La cadena es utilizada para transmitir fuerza, está constituido de eslabones y tiene una distancia entre ellas llamado pasos.

Calor específico: El calor especifico, es una propiedad térmica que es la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia.

Calor latente: El calor latente, es una propiedad térmica que es la cantidad de energía requerida por una sustancia para cambiar de fase.

Calor sensible: El calor sensible, es la energía calorífica que suministra a un cuerpo o un objeto, haciendo que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular.

Caudal: Es la cantidad de fluido que atraviesa por un ducto por una unidad de tiempo.

Conductividad térmica: La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.

Densidad: La densidad, es una magnitud escalar expresada que la masa ocupa un volumen de sustancia o un objeto sólido.

Energía cinética: Es la energía que posee un cuerpo con su movimiento.

Espesor: Es el grosor que tiene un cuerpo cualquiera.

Factor de convección: Es un coeficiente de transferencia de calor mediante flujo de aire o gas.

Factor de servicio: Es un incremento característico de las maquina mecánica con respecto a su funcionamiento.

Factor modificatorio: Es una modificación que tienen los cuerpos geométricos para un mejor uso de los mecanismos.

Flexión: Es una deformación que presenta los elementos estructurales al momento de alargarse longitudinalmente.

Horno: Es una máquina que genera calor mediante distintos tipos de fuente, así como la resistencia eléctrica.

Horno Rotatorio: Es el tipo de horno configurado básicamente en sus formas geométricas, que tiene forma de tambor o cilindro.

Humedad: Es la acumulación de agua o de vapor de agua o de otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire.

Humedad especifica: Es la relación entre la presión parcial y del vapor de agua y la presión de vapor de equilibrio del agua a una dada temperatura.

Límite de deformación: Es la tensión máxima que un material como el acero puede soportar sin sufrir deformaciones permanentes.

Límite de fluencia: Es la cadencia a la deformación irrecuperable de una probeta.

Motorreductor: Es un motor que tiene un juego de engranajes, que reduce la velocidad, pero aumenta la potencia.

Número de Nusselt: Es una magnitud adimensional que se encarga de medir el aumento de transmisión de calor desde una superficie, por lo que, un fluido discurre, comparado con la transferencia de calor si esta ocurriera solamente por conducción.

Número de Prandtl: Es un número adimensional proporcional al cociente entre la velocidad de difusión de la cantidad de momento (viscosidad) y la difusividad térmica

Número de Rayleigh: En mecánica de fluidos, el número de Rayleigh (Ra) de un fluido es un número adimensional asociado con la transferencia de calor en el interior del fluido.

Número de Reynolds: Caracteriza si el fluido tiene un flujo laminar o turbulento.

Perímetro: El perímetro es la suma de las distancias de los bordes de una figura geométrica.

Peso específico: Se llama peso específico la relación que tiene el cuerpo de su masa respecto a su volumen.

Piñón: es la parte de la rueda más pequeña con respecto a la trasmisión.

Psicrometría: Hace el uso de la termodinámica de las propiedades del aire para el confort humano.

Resistencia a la tracción: Es la resistencia de un material con respecto a una fuerza axial.

RPM: Es la una unidad de velocidad la cual realiza un cuerpo una vuelta en un minuto.

Temperatura: La temperatura es una magnitud escalar que indica la energía de un sistema termodinámico.

TIR: Es como en sus siglas lo expresa, tasa interna de retorno.

VAN: Es como en sus siglas lo expresa, valor actual neto.

Velocidad angular: Es una medida de velocidad de rotación.

Viscosidad cinemática: Es una propiedad de los fluidos que indica la mayor o menor resistencia que estos ofrecen al movimiento de sus partículas cuando están sometidos a un esfuerzo cortante.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación que se realizará tiene la forma no experimental, puesto no se desea modificar la variable independiente de forma ideal, lo que se quiere es dar a conocer las anormalidades tal como se dan en su entorno.

$$X1 = \frac{H1 - H2}{S\ J\ CE}$$

Donde:

X1: Modelo de lo que se está estudiando

S: Estudio para explicar en el modelo

H1: Periodo para el cálculo del estudio

H2: Periodo de la trascendencia del ambiente teórico

CE: Conclusiones estimadas

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

La empresa Cosmos S.A.C.

3.2.2 Muestra

El área de molienda.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables Independiente y Dependiente

Variable	Dimensión	Indicador	Unidades físicas
Variable Dependiente: Deshumedecer la arcilla	Diseño mecánico	Esfuerzo	N/m^2
	Diseño térmico	Temperatura	Celsius
	Diseño eléctrico	Potencia	Watts
Variable Independiente: Diseño de un horno Rotatorio	Tiempo	Textura.	Razón
		Masa	kg
		Humedad	Hidrómetro

Fuente: Elaboración propia

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

La información de la presente investigación se obtendrá usando los instrumentos referenciados en la tTabla 2 los cuáles serán validados por ingenieros especialistas.

Tabla 2

Instrumentos para recolección de datos

Técnica	Uso	Instrumentos
Observación	Análisis documentario de tablas, termodinámicos, mecánicos y eléctricos	Unidades de datos
	Análisis de humedad	Balanza

Fuente: Elaboración propia

3.5. PROCESAMIENTOS Y ANÁLISIS DE DATOS

No aplica

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Cálculos paramétricos térmicos para el secado de arcilla dentro del secador rotatorio

Con el objetivo de deshidratar un 4,1 % a la arcilla. “Es por el cual se usará fundamentalmente los procedimientos para realizar un secado del horno Rotatorio y se deberá conocer los parámetros de entrada” (Cubas Arbildo, 2018).

Tabla 3

Datos iniciales para el cálculo del horno Rotatorio

Humedad contenida inicial en la arcilla	X1	4,1 %
Humedad contenida final en la arcilla	Xf	0 %
Extensión de masa para el horno	Cs	3 000 kg
Temperatura para el secado de arcilla	Ts	80 °C

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Evaluación de masa de agua al inicio del secado

"Para realizar esta evaluación se tomará la ecuación para retirar el agua deseada" (Cubas Arbildo, 2018).

$$Mai = X1xCs$$

$$Mai = 0{,}041x3000 = 123\ kg\ de\ agua$$

Donde:

Mai: Masa de agua inicial en la arcilla

X1: Humedad contenida inicial en la arcilla

Cs: Extensión de masa para el horno

4.1.3. Evaluación de masa seca de arcilla en el horno rotatorio

En esta sección se realizará el cálculo para obtener un porcentaje mínimo de agua. "El porcentaje mínimo requerido para nuestro caso será 0% y las ecuaciones que comandan serán las siguientes " (Cubas Arbildo, 2018).

$$Masa\ seca\ final = \text{Extensión de masa} - \text{Masa de agua inicial en la arcilla}$$

$$Masa\ seca\ final = 3\ 000kg - 123kg$$

$$Masa\ seca\ final = 2877kg$$

$$Masa\ de\ agua\ final = \frac{X\ final(masa\ seca\ de\ arcilla)}{1 - Xfinal}$$

$$Masa\ de\ agua\ final = \frac{0x2877}{1 - 0{,}041} = 0kg$$

El valor de 0kg es referencial, con respecto al objetivo.

4.1.3.1. Evaluación de masa de agua dispersada en el horno rotatorio

$$Masa\ de\ agua\ retirada = masa\ seca\ arcilla + masa\ final\ arcilla$$

$$Masa\ de\ agua\ retirada = 2877kg + 0kg$$

4.1.3.2. Medida de arcilla final del proceso de secado

Para obtener la masa de arcilla seca, se realizará el siguiente calculo.

$$Masa\ de\ arcilla\ final\ seca = masa\ seca\ arcilla + masa\ agua$$

$$Masa\ de\ arcilla\ final\ seca = 2877\mathrm{kg}$$

4.1.3.3. Evaluación del aire teórico dentro del horno rotatorio considerando el caudal de aire en 0,25m^3/s*m^2

Cubas Arbildo (2018) recomienda un caudal de aire de 0,25m^3/s*m^2

Se requiere el calor especifico de la arcilla. “Según la tabla A-5 se puede obtener alguna propiedad de materiales de construcción y para el caso de la arcilla es 884 J/kg K” (Çengel y Ghajar, 2011).

$$Cpa = 0{,}84 \frac{kJ}{kg\ K}$$

4.1.3.4. Evaluación del calor requerido para el secado

Para elevar la temperatura de la arcilla del calor sensible de 20 °C a 80 °C para el horno Rotatorio. “Se usará las siguientes ecuaciones teniendo en cuenta el calor sensible de la arcilla, el del agua, el latente para así llegar a un calor total” (Cubas Arbildo, 2018).

Se tendrá T1 = 20 °C = 293 K y T2 = 80 °C = 353 K

$$Qsencible\ arcilla = masa\ arcilla\ final\ seca(T2 - T1)CPa$$

$$Qsencible\ arcilla = 2877kg(353K - 293K)0{,}84 \frac{kJ}{kg\ K}$$

$$Qsencible\ arcilla = 145000{,}8\ kJ$$

$$Qsencible\ arcilla = 36284{,}17\ kcal$$

$$Qsencible\ agua = masa\ agua\ retirada\ (T2 - T1)Cp\ agua$$

$$Qsencible\ agua = 123kg(80°C - 20°C)\frac{1kcal}{kg\ °C}$$

$$Qsencible\ agua = 7380\ kcal$$

$$Qlatente = masa\ de\ agua\ retirada(calor\ latente\ del\ agua)$$

$$Qlatente = 123kg(560\frac{kcal}{kg})$$

$$Qlatente = \ 68880\ kcal$$

$$Qtotal = Qsencible\ arcilla + Qsencible\ agua + Qlatente$$

$$Qtotal = 36284{,}17\ kcal + 7380\ kcal + 68880\ kcal$$

$$Qtotal = 112544{,}17\ kcal$$

4.1.3.5. Evaluación del factor de convección interno del horno rotatorio

La temperatura con la cual se trabajará es de 80 °C, esta temperatura es con la que será necesaria para secar la arcilla.

Se requiere las propiedades del aire. “Estas podrán ser recabadas en la tabla A-15 la cuales podrán ser parte de las ecuaciones”(Çengel y Ghajar, 2011, p. 894).

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T, °C	Densidad, ρ, kg/m^3	Calor específico, c_p, J/kg · K	Conductividad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α, m^2/s^2	Viscosidad dinámica, μ, kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν, m^2/s	Número de Prandtl, Pr
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132

Figura 13. Propiedades del aire a 1 atm
Fuente: Çengel & Ghajar, 2011.

El diámetro exterior con el que se diseñará será De = 1,2 m

$K = 29{,}53x10^{-3}\,\frac{w}{m\,K}$ (Conductividad térmica)

$Pr = 0{,}7154\ (número\ de\ Prandtl)$

$Va = 1{,}6\ a\ 3{,}3\ \frac{m}{s}\ \ (Velocidad\ del\ flujo\ recomendable)$

$\rho = 0{,}9994\frac{kg}{m^3}\ \ (Densidad\ del\ aire)$

$\mu = 209{,}7x10^{-7}\,\frac{kg}{m\,s}$

$$Re = \frac{\rho \; x \; Va \; x \; De}{\mu}$$

$$Re = \frac{0{,}9994x3{,}3x1{,}2}{209{,}7}$$

$$Re = \; 188\,822{,}32$$

Evaluación para el número de Nusselt. “Para este cálculo se tomará la ecuación, que a continuación se detalla” (Cubas Arbildo, 2018, p. 45).

$$Nu = 0{,}023Re^{4/5}xPr^{1/3}$$

$$Nu = 0{,}023x0{,}023^{4/5}x0{,}7154^{1/3}$$

$$Nu = 342{,}05$$

Se requiere el coeficiente de convección para hacer los cálculos posteriores. “El coeficiente de convección será como se muestra en la siguiente ecuación” (Çengel y Ghajar, 2011, p. 376).

$$\text{Nu} = \frac{hL_c}{k} \qquad \textbf{(6-5)}$$

donde k es la conductividad térmica del fluido y L_c es la *longitud característica*. Este número recibió el nombre en honor de Wilhelm Nusselt (figura 6-5), se concibió como el *coeficiente adimensional de transferencia de calor por convección*.

Figura 14. Fórmula del número de Nusselt
Fuente: Çengel y Ghajar, 2011

Para nuestro caso despejaremos hc = h.

$$hc = \frac{Nu\ x\ K}{De}$$

$$hc = \frac{342{,}05\ x\ 29{,}53x10^{-3}}{1{,}2}$$

$$hc = 8{,}42\frac{w}{m^2K}$$

4.1.3.6. Evaluación del factor de convección externo del horno rotatorio

Ahora se realizará el cálculo del coeficiente de convección para la parte externa del horno Rotatorio. “Los cálculos se realizarán a partir de las propiedades del aire a temperatura ambiente 20°C = 293 K” (Cubas Arbildo, 2018, p. 46).

$K = 25{,}88x10^{-3}\frac{w}{m\ K}$ (Conductividad térmica)

$Pr = 0{,}7282$ $(número\ de\ Prandtl)$

$V = 15{,}16\ x\ 10^{-6}\frac{m^2}{s}$ $(Viscocidad\ cinematica)$

Cálculo de la expansión volumétrica será necesaria para el cálculo del número de Rayleigh. “El coeficiente es un fenómeno físico que en la mayoría de los materiales sucede cuando se eleva o disminuye la temperatura esta actúa de manera proporcional” («Dilatación Térmica», s. f.).

$$\beta = \frac{1}{Texterno}$$

$$\beta = \frac{1}{293K}$$

$$\beta = 0{,}00341K^{-1}$$

Evaluación del número Rayleigh. “Es número adimensional utilizado en la transferencia de calor que indica la preponderancia de la transmisión de calor por conducción o por convección en el seno de un fluido” («Número de Rayleigh | Real Academia de Ingeniería», s. f.).

$$Rad = \frac{g\ x\ \beta\ x\ (T_{in} - T_{out})}{v^2} x\ Pr$$

$$Rad = \frac{9{,}81x0{,}00341x(353 - 293)x1{,}2^3}{(15{,}16\ x\ 10^{-6})^2} x\ 0{,}7282$$

$$Rad = 9\ 604\ 465\ 979{,}41$$

Evaluación del número del Nusselt. “Se recomienda usar la correlación de Churchill & Chu” (Número de Nusselt, 2019).

$$Nud = \left\{ 0{,}6 + 0{,}3 \left[\frac{Rad}{\left\{ 1 + \left(\frac{0{,}559}{Pr} \right)^{\frac{9}{16}} \right\}^{\frac{16}{9}}} \right]^{\frac{1}{6}} \right\}^2$$

$$Nud = \left\{ 0{,}6 + 0{,}3 \left[\frac{9\,604\,465\,979{,}41}{\left\{ 1 + \left(\frac{0{,}559}{0{,}7282} \right)^{\frac{9}{16}} \right\}^{\frac{16}{9}}} \right]^{\frac{1}{6}} \right\}^{2}$$

$$Nud = 238{,}44$$

4.1.3.7. Evaluación del factor de convección promedio

$$he = \frac{Nud\ x\ K}{De}$$

$$he = \frac{238{,}44\ x 25{,}88 x 10^{-3}}{1{,}2}$$

$$he = 5{,}14 \frac{W}{m\ K}$$

4.1.3.8. Determinación del tiempo para el calentamiento de la arcilla

Para evaluar el tiempo que tomara el calentamiento de la arcilla para que se deshidrate a un porcentaje determinado. “Se hará uso de la tabla de carta Psicométrica” (*Psicrometría.*, s. f.).

Humedad específica a 80°C =134,75 gr de vapor de agua por 1 kg de aire seco

Densidad del aire a 80°C = 0,71 kg/m^3

Capacidad del ventilador = 3181 m^3/h

Cantidad de agua en el secador = 123 000gr H2O.

Evaluación de la masa del aire seco (Mas).

$$Mas = \frac{cant.agua\ secador\ (1\ kg\ aire\ seco)}{humedad\ especifica\ a\ 80°C}$$

$$Mas = \frac{123000}{134{,}75}$$

$$Mas = \ 912{,}46\ kg$$

Evaluación del volumen para el aire seco (Va)

$$Vas = \frac{Mas(1\ m^3)}{densidad\ del\ aire\ seco\ a\ 80°C}$$

$$Vas = \frac{912{,}46}{0{,}71}$$

$$Vas = 1285{,}16 m^3$$

Para evaluar el tiempo para el ventilador seleccionado.

$$t = \frac{Vas(1hr)}{Capacidad\ del\ ventilador}$$

$$t = \frac{1285{,}16}{3181}$$

$t = 0{,}40\ Hr$

Se concluye que para evaporar los 123 kg de agua contenida en la arcilla en una temperatura de 80 °C y con un flujo de aire seco 3181 m^3/hr se demora 0,4 horas que aproximadamente es 24 min.

4.1.3.9. Esquema de ingreso y desembocadura del flujo

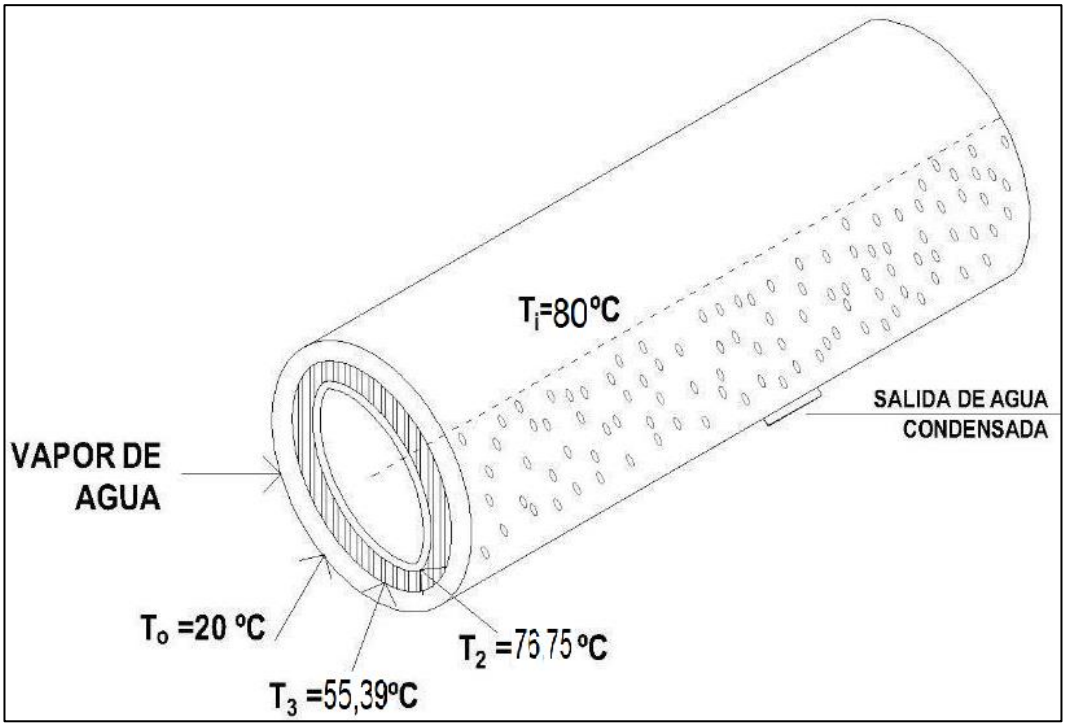


Figura 15. Mecanismo de funcionamiento del horno Rotatorio
Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Evaluación y selección de estructuras y equipamiento que constituyen el horno rotatorio

Para evaluar el diseño del horno Rotatorio en este punto: “Se deberá conocer la masa que se desea trabajar” (Cubas Arbildo, 2018, p. 50).

A la vez es necesario conocer la densidad seca para la arcilla. “Esto lo podemos encontrar en tablas las cuales proporcionan para distintos tipos de materiales” («Densidades aproximadas de varios materiales», s. f.).

$$Capacidad\ 3\ toneladas = 3000kg$$

$$Densidad\ de\ la\ arcilla\ escurrida = 1420\frac{kg}{m^3}$$

4.1.4.1. Evaluación de todo el volumen del horno rotatorio

En este apartado se requiere seleccionar el radio y la longitud del tambor del horno Rotatorio, la cual se eligió por razones de comodidad un radio de 0,6 m y una longitud de 3,2 m.

$$Vcilindro = \pi Lr^2$$

$$Vcilindro = 3{,}14\ x\ 3{,}2\ x\ 0{,}6^2$$

$$Vcilindro = 3{,}62\ m^3$$

El eje seleccionado será de 0,4 m de diámetro por lo que es de 0,2 m de radio.

$$Veje = \pi L r^2$$

$$Veje = 3{,}14\ x\ 3{,}2\ x\ 0{,}2^2$$

$$Veje = 0{,}4\ m^3$$

$$Vtotal\ paa\ el\ cilindro = Vcilindro - Veje$$

$$Vtotal = 3{,}22\ m^3$$

El Vtotal representa el 100 % del volumen del horno giratorio.

4.1.4.2. Evaluación de todo el volumen de la arcilla

Se determinará a partir de la densidad para la arcilla. “Con el volumen especifico obtendremos este cálculo gracias a que estamos trabajando con una masa determinada” («Densidades aproximadas de varios materiales», s. f.).

$$V = \frac{1}{\rho}$$

$$V = \frac{1}{1420\,\frac{kg}{m^3}}$$

$$V = 7{,}04\ x\ 10^{-4}\frac{m^3}{kg}$$

El volumen total se obtendrá multiplicando por la masa total de la arcilla.

$$Vtotal, arcilla = 7{,}04\ x\ 10^{-4}\frac{m^3}{kg}\ x\ 3000\ kg$$

$$Vtotal, arcilla = 2{,}11 m^3$$

El Vtotal, arcilla representa el 66 % del volumen total.

4.1.4.3. Diseño del horno rotatorio y selección del grosor de la plancha

En esta parte del trabajo realizado, se tiene una idea del cómo será el horno Rotatorio. “En seguidamente se realizará los cálculos para definir el tipo de acero con el espesor respectivo” (Cubas Arbildo, 2018, p. 51).

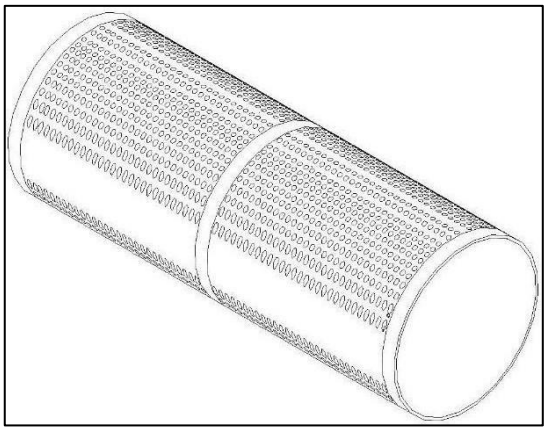


Figura 16. Tambor Rotatorio
Fuente: Cubas Arbildo, 2018

4.1.4.4. Evaluación de la flexión del horno secador

El uso del acero seleccionado será el AISI SAE 1020. “Por su buena resistencia a la temperatura y al esfuerzo del arrastre de contacto que tendrá la arcilla al tambor” («SAE 1020», s. f.).

Evaluación de la flexión para el tambor:

$$\partial = \frac{W}{L} = \frac{3000kg}{3{,}2m}$$

$$\partial = 937{,}5\,\frac{kg}{m}$$

$$\partial = 9196{,}88\,\frac{N}{m}$$

La densidad del acero AISI SAE 1020. “Está determinada por las tablas de los fabricantes”(Sumitec, s. f.).

4.1.4.5. Evolución y elección del material para el horno rotatorio

$$\rho = 7{,}87\ \frac{gr}{cm^3}$$

Sabiendo que el concepto de densidad es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho\ x\ V$$

$m = 7{,}87x(Lt\ x\ p\ x\ e)$

Donde:

Lt: Longitud del tambor

p: Perímetro de la circunferencia

e: Espesor

El perímetro de la circunferencia es:

$p = 2\pi r = \pi\emptyset$

$p = 2\ x\ 3{,}1416\ x\ 60\ cm$

$p = 377cm$

Remplazando en la ecuación de la densidad:

$m = 7{,}87\ x\ (320\ x\ 377\ x\ e)$

$m = 949{,}44\ xe\ kg$

El peso será:

$W = 9{,}31\ x\ e\ kN$

4.1.4.6. Evaluación de la fuerza de choque de la arcilla en el momento de las vueltas

Al momento de realizar el giro, pedazo de arcilla que se encuentran dentro del horno Rotatorio llegan a una velocidad determinada y luego por efecto de rozamiento a las paredes del tambor desgastan a la misma. “Este cálculo se puede realizar gracias a la energía cinética el cual está directamente relacionado con la altura que llegaría”(«La energía cinética», s. f.).

$$v = \sqrt{2\ x\ gx\ h}$$

Sabiendo que el volumen de la arcilla ocupará el 66 % entonces la altura será de 0,76 m operando.

$$v = \sqrt{2\ x\ 9{,}81\ x\ 0{,}76}$$

$$v = 3{,}86\ \frac{m}{s}$$

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{3000\ x\ 3{,}86^2}{2}$$

$$E = \ 22366{,}8\ \text{J}$$

Donde:

v: Velocidad de choque.

E: Energía cinética.

m: masa (3 000 kg).

h: altura, 0,76 m máxima altura que alcanza.

La fuerza de impacto nominal es:

$$F = \frac{E}{D}$$

D: La distancia a que recorre por efecto del arrastre consideraremos 0,01 m.

$$F = \frac{22366{,}8}{0{,}01} = 2236{,}68 \text{ kN}$$

4.1.4.7. Evaluación del grosor de la plancha del horno rotatorio

Para evitar el desgaste prematuro en las paredes del tambor y no excediendo el límite de fluencia y su deformación se usará el acero AISI 1020 con 250 MPa.

$$250 = \frac{2236{,}68}{3{,}2\ x\ e}$$

$$e = \frac{2236{,}68}{250\ x\ 3{,}2} = 0.002111m\ \cong 2{,}11mm$$

Se usa una plancha de 3 mm de espesor, para mayor seguridad al diseño.

Por lo tanto, el peso de la plancha de acero del AISI 1020 será:

$W = 9{,}31\ x\ 0{,}3$ kN

$W = 2794{,}04$ N

4.1.4.8. Evaluación del escape de calor conducido por la pared

En este punto se realizará el análisis de transferencia de calor del sistema. “En los tubos cilíndricos para la transferencia de calor han sido estudiados sus características calorimétricas y estas son usadas en este apartado” (Çengel y Ghajar, 2011, p. 155).

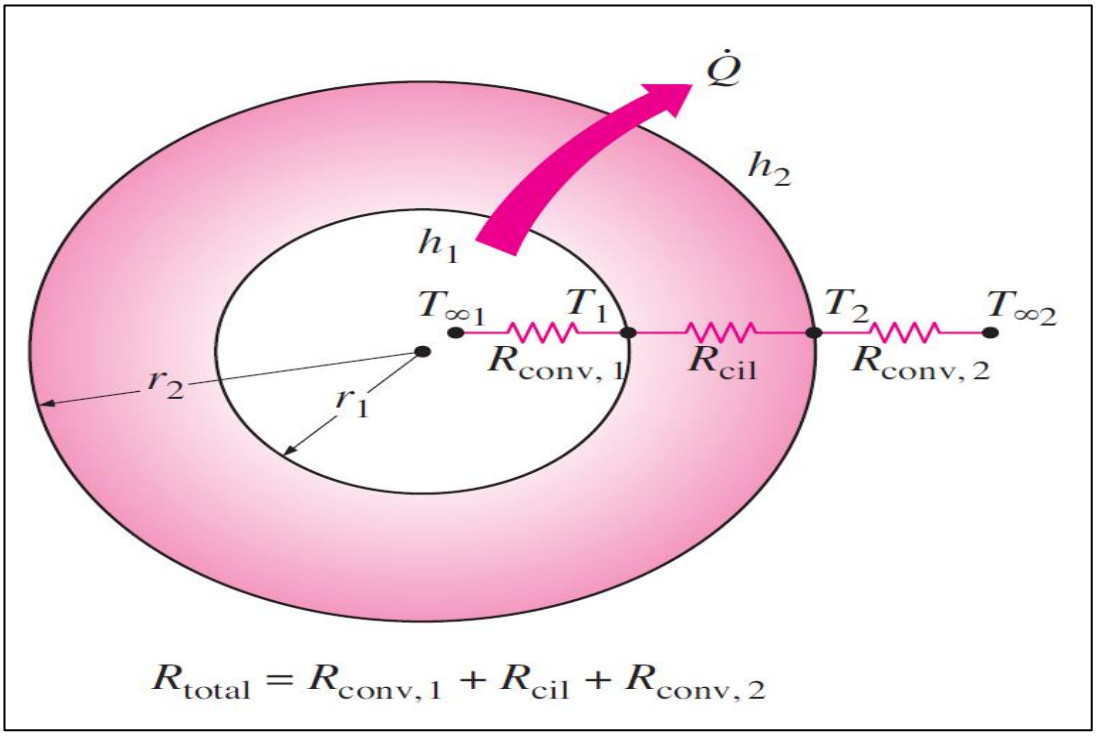


Figura 17. Circuito de Resistencias térmicas
Fuente: Çengel y Ghajar, 2011.

$$R_{total} = R_{conv,\,1} + R_{cil} + R_{conv,\,2}$$
$$= \frac{1}{(2\pi r_1 L)h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{(2\pi Lk} + \frac{1}{(2\pi r_2 L)h_2}$$

Figura 18. Ecuaciones para el análisis del tambor
Fuente: Çengel y Ghajar, 2011.

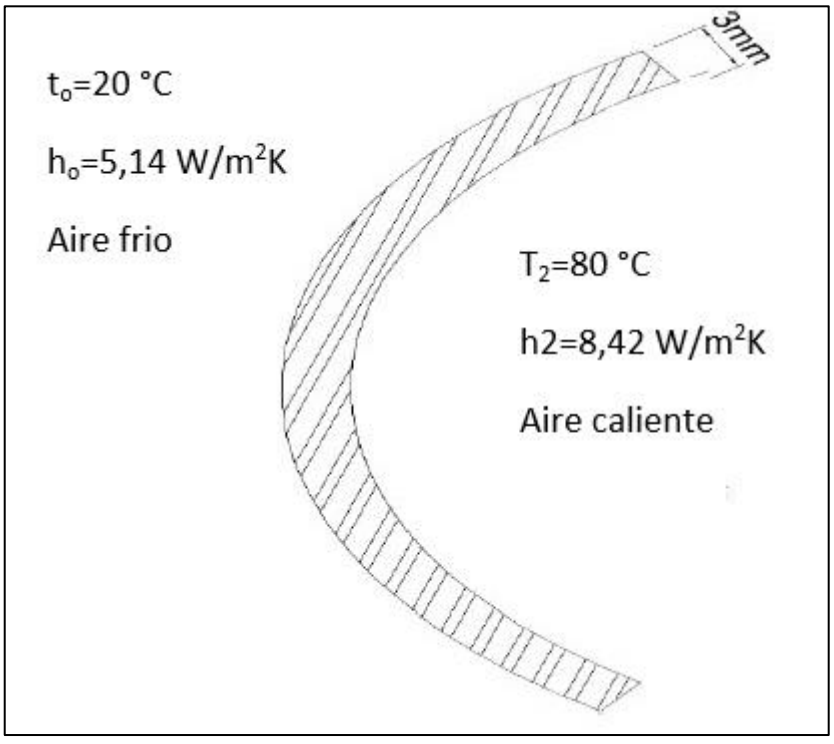


Figura 19. Pérdidas sobre la pared del tambor Rotatorio
Fuente: Cubas Arbildo, 2018

$$Qr = \frac{Text - Tint}{\frac{1}{2\pi r_1 L h_1} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi LK} + \frac{1}{2\pi r_2 L h_2}}$$

$$Qr = \frac{353K - 293K}{\frac{1}{2x\pi x0{,}6x5{,}14} + \frac{\ln \frac{0{,}597}{0{,}6}}{2\pi x3{,}2x0{,}19} + \frac{1}{2\pi x0{,}597x3{,}12x5{,}14}}$$

$$Qr = 2195{,}44\ W$$

$$Qr = 2195{,}44\ \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{s}}$$

Donde:

K: factor de conductividad, 0,19W/mK

L: Longitud del tambor, 3,2 m

Text: Temperatura exterior, 293 K

Tint: Temperatura interior, 293 K

h_1: Coeficiente de convección externa

h_2: Coeficiente de convección interna

La temperatura en las paredes

$$Qr = \frac{T\infty 1 - T1}{Rtconv}$$

$$T1 = T\infty 1 - Qr\ x\ Rconv1$$

$$T1 = 355 - 2195{,}44\ x\ 0{,}0098975$$

$$T1 = 349{,}75K\ \cong 76{,}75°C$$

$$Qr = \frac{T\infty 1 - T2}{Rtconv + Rtcil}$$

$$T2 = T\infty 1 - Qr\ x\ (Rtconv + Rtcil)$$

$$T2 = 355 - 2195{,}44\ x\ 0{,}0112$$

$$T2 = 328{,}38K\ \cong 55{,}39°C$$

4.1.4.9. Elección de un ventilador

Flujo de aire que requiere para la cámara de secado. “El calor especifico a 80°C nos indica un propiedad muy importante”(Çengel y Ghajar, 2011, p. 884).

$$m = \frac{Qoperacion}{Cp\ x\ \Delta T}$$

$$Qoperacion = 474077{,}95\text{kJ}$$

$$Tiempo\ de\ secado = 0{,}4h$$

$$Cp = 1{,}008 \frac{\text{kJ}}{\text{kg K}} \ (para\ el\ aire\ a\ 353K)$$

$$\rho = 0{,}7102 \frac{kg}{m^3} \ (para\ el\ aire\ a\ 353K)$$

El calor requerido por hora:

$$Qh = \frac{474077{,}95\text{kJ}}{0{,}4h} = 1173428{,}29 \frac{kJ}{h}$$

El calor requerido en segundos:

$$Q = 325952{,}30 \frac{J}{s}$$

Evaluando el flujo de masa total para el aire se puede determinar la velocidad de ventilación de la ecuación anterior.

$$m = \frac{474077{,}95}{1{,}008\ x\ 60}$$

$$m = 19401{,}92 \frac{kg}{h}$$

La velocidad del ventilador.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$v = \frac{19401{,}92}{0{,}71} = 27318{,}95 \frac{m^3}{h} = 7{,}59 \frac{m^3}{s}$$

Para estos tipos de trabajo tenemos los ventiladores de marca SODECA, para el caudal requerido y de modelo CBD-2828-6m con una potencia de 0,25 kW.

Figura 20.Ventilador de 0,25 kW
Fuente: Elaboración propia

4.1.5.0. Evaluación de la resistencia eléctrica para usar en el horno rotatorio

Los cálculos obtenidos para la selección del calor por segundo son necesarios convertirlos en BTU

Y nos da 309 BTU

Con este valor se selecciona la resistencia eléctrica CDM23-100-35TA de marca CALELEC.

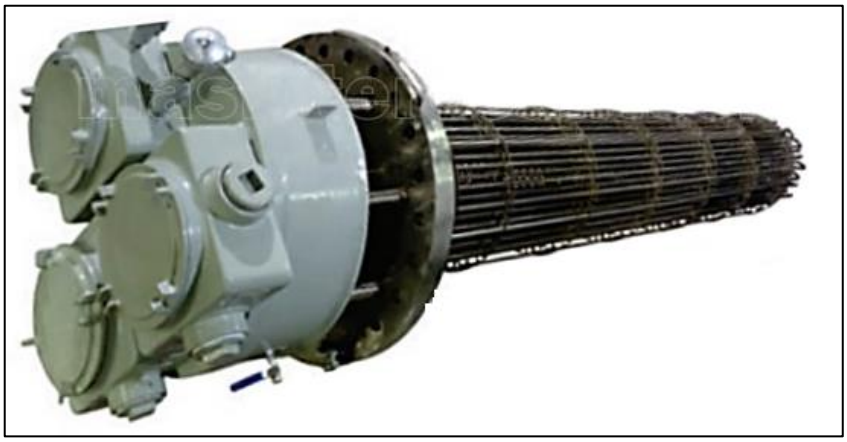


Figura 21. Resistencia calentador Calelec
Fuente: Resistencias calefactoras, s. f.

4.1.5.1. Evaluación del eje para el horno rotatorio

Para que puede resistir la carga total. “El eje requiere de algunos cálculos del momento de torsión y flexión” (Mott, 2006).

$$Tmt = \frac{\pi d^3 Mtd_0}{16(1 - d^4)} \leq E$$

Donde:

Mt: Momento torsor (N mm)

d: Diámetro en la sección (mm)

d_0: Diámetro interior en la sección (mm)

E: Esfuerzo tangencial permisible

Normalmente la proporción de los arboles huecos ($d/d_0 = 0{,}4 \ldots 0{,}6$).

$$d > \sqrt[3]{\frac{16\,Mt}{\pi\left[1-\left(\frac{d_0}{d}\right)^4 E\right]}}$$

$$E = 0{,}30x\sigma ftxfct$$

Donde:

σft: Esfuerzo límite de fluencia (MPa)

fct: Factor de concentración de tensiones (1).

$$E = 0{,}30x331{,}57x1$$

$$E = 99{,}3Mpa$$

Resistencia a la tracción AISI 1020: 449,29 MPa.

Límite de fluencia AISI 1020: 331,57MPa.

Para realizar la evaluación se considerará la masa de la arcilla, la masa del tambor, tres rodamientos, tres aros:

$$Peso\ cil = (3000 + 111 + 144)x9{,}81 + 2794{,}0$$

$Peso\ cil = 34725{,}60N$

Ahora despejando el momento torsor, el ángulo de inclinación será de $\theta = 90°$

$Mt = FxdxsenÎ¸$

$Mt = 34725{,}60x3{,}2x1$

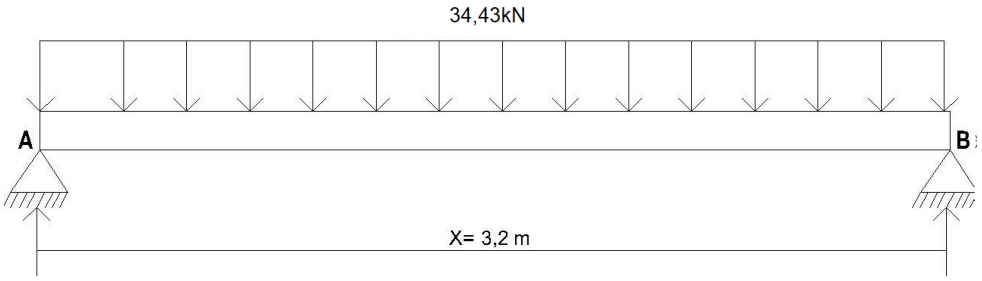
$Mt = 111121{,}90Nm$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16\ x111121{,}90}{\pi[1-(0{,}5)^4]99{,}3}}$$

$d \geq 182{,}51mm$

Para nuestro caso hemos considerado 400 mm, que asegura el diseño contra sobre cargas.

Análisis de esfuerzos del eje.



Haciendo uso de la tabla. “Los cálculos para este tipo de estructuras están parametrizadas” (Mott, 2006, p. 600) .

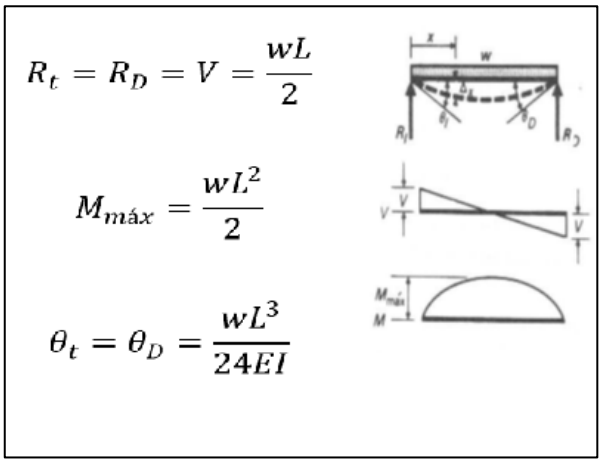


Figura 22. Fórmulas parametrizadas
Fuente: Mott, 2006

La carga distribuida será:

$$W = \frac{34725{,}60N}{3{,}2m} = 10851{,}74N/m$$

Entonces aplicando las fórmulas:

$$R_t = R_D = V = \frac{wL}{2}$$

$$M_{máx} = \frac{wL^2}{2}$$

$$\theta_t = \theta_D = \frac{wL^3}{24EI}$$

$$V = \frac{wL}{2} = \frac{10851{,}74 * 3{,}2}{2} = 17362{,}78N = 17{,}36kN$$

$$Mmax = \frac{wL^2}{2} = \frac{10851{,}74 * 3{,}2^2}{2} = 55{,}56kNm$$

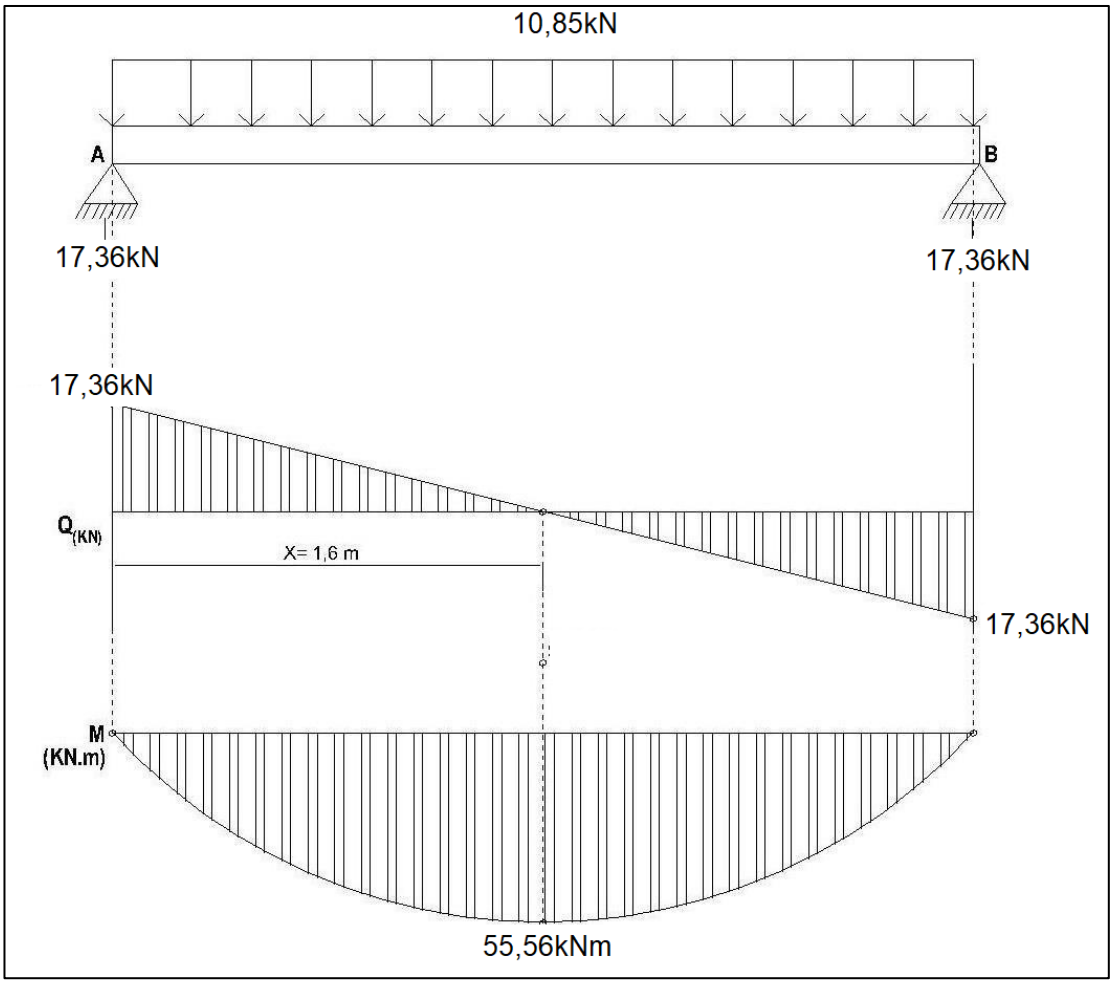


Figura 23. Diagramas de Fuerza cortante y momento flector
Fuente: Elaboración propia

El momento máximo se aplica en la mitad de la barra x =1,63 m

4.1.5.2. Evaluación y elección de un motorreductor

Para evaluar las características del motorreductor se necesario lo momentos de inercia tanto el tambor y la masa de la arcilla. “El momento de inercia de un cilindro hueco estará expresada por la siguiente ecuación” (L.abad, 2011).

$$Icil = \frac{\pi L \rho ({r_{ext}}^4 - {r_{int}}^4)}{2}$$

Donde:

L: Longitud del cilindro.

ρ: Densidad del AISI 1020, 7870kg/m^3

r_{ext}: Radio exterior del tambor, 0,6m

r_{int}: Radio interior del tambor, 0,597m

$$Icil = \frac{\pi x 3{,}2 x 7870 x (0{,}6^4 - 0{,}597^4)}{2}$$

$$Icil = 101{,}77 kgm^2$$

La finalidad de hallar los momentos de inercia del cilindro y de la arcilla. “Es poder hallar el par de arranque para evitar cualquier suceso de fallas” (Mott, 2006).

Para el caso de la arcilla contenida en el tambor se hará el uso del software SolidWorks, el cual sabiendo que el volumen es del 66 % que es equivalente a un volumen de 2,41 m^3.

Entonces la altura que llega es de 0,76 m como se muestra en la siguiente figura.

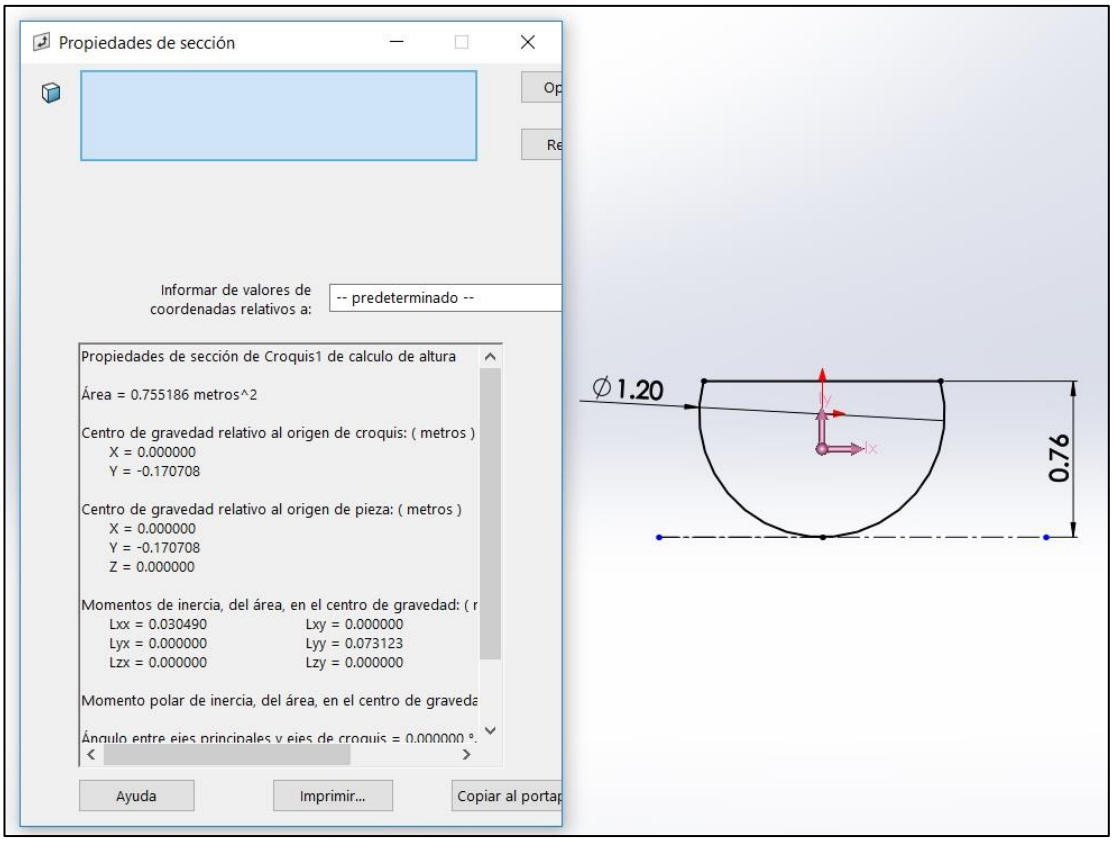


Figura 24. Altura de la sección en la arcilla dentro del tambor
Fuente: Elaboración propia

Luego SolidWorks emite el momento de inercia para esa geometría insertando la densidad de la arcilla que es: 1 420 kg/m^3 como se muestra en la figura siguiente.

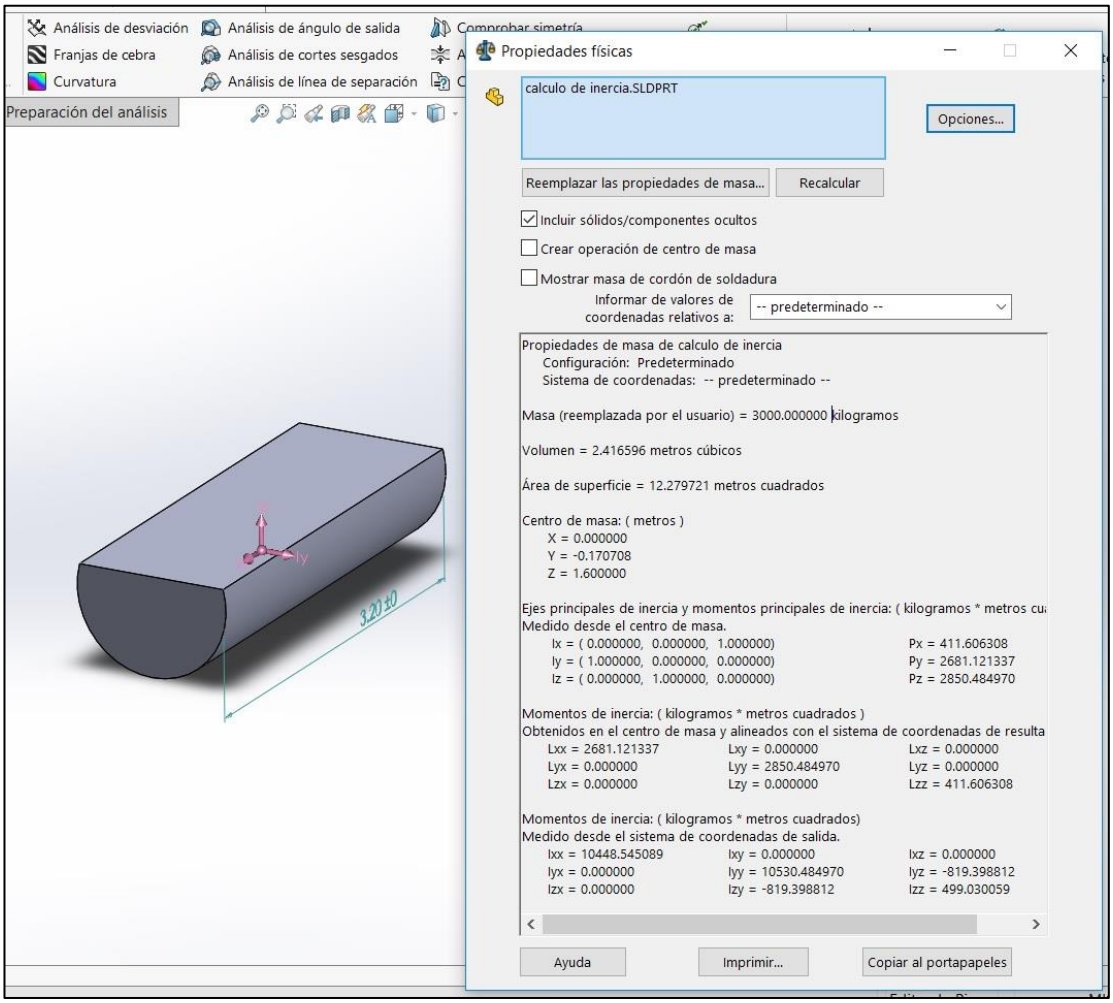


Figura 25. Cálculo del momento de inercia por software
Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que el momento de Inercia z-z es de I arcilla = 499 kg m^2

Sumatorias de Inercia.

$$Itotal = Iarcilla + Icil$$

$$Itotal = 499 + 101{,}77 = 600{,}80\ kgm^2$$

Ecuación de la conservación de la energía rotacional. “Esta será necesario para el cálculo del trabajo que realiza la máquina” («Velocidad angular», 2019).

$$Jm = \frac{Itotalx10}{1800} = \frac{600{,}80x10}{1800} = 3{,}34$$

Se hallará la velocidad angular, sabiendo que el tambor gira a 20 RPM.

$$\omega = \frac{20x\pi x2}{60} = 2{,}09\frac{rad}{s}$$

$$Ecr = \frac{\omega^2 Itotal}{2} = 1317{,}70\ Nm$$

Ecr, es la energía cinética rotacional.

Con este valor, se puede realizar la elección del motorreductor, el cual es capaz vencer la inercia evaluada. Con el modelo C225 de la marca Shimpo.

Figura 26. Motorreductor Shimpo de 3,5Hp
Fuente: Elaboración propia

4.1.5.3. Diseño y evaluación para la elección de la catalina, rueda y cadena

En este punto se evalúa la transmisión por cadenas de rodillos. “Para poder evaluar se deberá seguir los 7 pasos como indica la bibliografía, siendo importante que para las capacidades existe la tabla para un piñón de 19 dientes que se hará referencia con su revolución por minuto” (Alva, 2009, p. 88).

a) Relación de transmisión

“Se dividirá las RPM más rápido entre las RPM del otro eje” (Alva, 2009, p. 88).

Para que el tambor de una vuelta completa cada 10 segundos tendrá que tener una velocidad de 6 RPM, se tomará 60 RPM para la salida del motorreductor.

$$Mg = \frac{50}{6} = 8{,}33$$

b) Número de dientes de las ruedas

"Es recomendable que para el motorreductor tenga un piñón de 19 dientes" (Alva, 2009, p. 88).

Por lo que, con respecto a la relación de trasmisión de la ecuación, se tendrá el número de dientes para el tambor como se muestra en la ecuación

$$Zg = 8{,}33x19 = 158\ dientes$$

c) Potencia nominal equivalente

"Esta potencia está dada por la multiplicación de la potencia a transmitir por el factor de servicio y el factor modificatorio quien está en función del número de diente" (Alva, 2009, p. 88).

$$P = 2.5x1x1{,}3 = 3{,}25HP$$

d) Selección de cadena

"Según la figura que se presenta en el anexo de la presente Tesis, se seleccionará el tipo de cadena ANSI 80 de una hilera" (Alva, 2009, p. 88).

e) Diámetro de las ruedas

"Con la fórmula siguiente podremos encontrar el diámetro de las ruedas tanto de la catalina como del piñón" (Alva, 2009, p. 88).

$$dp = \frac{p}{sen\left(\frac{180}{Zp}\right)} = \frac{1}{sen\left(\frac{180}{19}\right)} = 6{,}08\ plg$$

$$Dp = \frac{p}{sen\left(\frac{180}{Zg}\right)} = \frac{1}{sen\left(\frac{180}{190}\right)} = 60{,}48\ plg$$

Donde:

P: Paso de la cadena

Zp: Número de dientes del tambor

Zg: Número de dientes del motorreductor

Dp: Diámetro de paso del tambor

Dp: Diámetro de paso del motorreductor

f) Velocidad tangencial

Se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$v = \frac{\pi \; x \; dp \; x \; np}{12} = 79{,}53 \frac{ft}{min}$$

Este resultado de la ecuación, nos indica que la lubricación será de tipo manual.

Donde:

Dp: Diámetro del paso del piñón en pulgada

Np: Número de RPM del piñón

v: Velocidad tangencial en pies/min

g) Longitud de la cadena

Por recomendación del autor para distancia entre centros tomar 40 pasos

Longitud aproximada se usa la siguiente ecuación.

$$Lp = 2Cp + 0{,}53(Zp - Zg)$$

$$Lp = 2x40 + 0{,}53(19 - 158) = 173{,}53plg$$

Ahora se aproxima al par más aproximado.

$$Lp = 180 \; pasos$$

Recalcular Cp, con la siguiente ecuación.

$$Lp = 2Cp + \frac{Zp + Zg}{2} + \frac{(Zp - Zg)^2}{4\pi^2 Cp}$$

$$180 = 2Cp + \frac{19 + 158}{2} + \frac{(19 - 158)^2}{4\pi^2 Cp}$$

$$Cp = 46\ pasos = 46\ plg = 1{,}168\ m$$

La distancia entre centros del tambor y del motorreductor es 1,168 metros

4.1.5.4. Gasto energético de electricidad de todo el sistema

Para todo el sistema de secado de la arcilla cuenta con los siguientes componentes eléctricos para concretar el trabajo.

Tabla 4

Consumo de equipos eléctricos

Equipos eléctricos	Consumo en kW
Ventilador	0,25
Resistencia	90,00
Motorreductor	2,37
Potencia total	115,77

Fuente: Elaboración propia

Teniendo el consumo total de la potencia el precio mensual será:

$$Precio = 115{,}77kw\ x\ 0{,}4h\ x\ 9\ x\ 26\ dias\ x\ 0{,}7\ \frac{soles}{kw\ h}$$

$$Precio = 8\,752{,}59\ soles$$

$$Precio = 26\,257{,}77 soles\ trimestrales$$

Puesto que se planea realizar trabajos de mantenimiento cada 3 meses consideraremos como precio: S/. 2 000,00 soles.

4.1.5.5. Pérdidas por paradas en la producción

El horno Rotatorio estará en funcionamiento en los meses de alta humedad, de alta precipitación de lluvias. En la tTabla 5 se muestra que los meses de julio, agosto, setiembre son de alta humedad y el horno estará en funcionamiento en dichos meses.

Tabla 5

Precipitación de lluvias por mes

Mes	Temperatura Máxima °C	Temperatura Mínima °C	Precipitación (Lluvia) Ml,
Enero	27,5	16,5	0
Febrero	27,9	16,7	0
Marzo	27	15,6	0
Abril	25	13	0
Mayo	22,3	10,6	0
Junio	20,2	9,4	1
Julio	19	9,1	6
Agosto	19,5	9,4	4
Setiembre	20,5	10,1	11
Octubre	22,2	11,4	1
Noviembre	23,8	13,1	0
Diciembre	25,7	14,5	0

Fuente: Elaboración propia

Se realizó en el mes de setiembre de 2018, un conteo de las paradas que se realizó para el mantenimiento correctivo al equipo de la molienda.

Tabla 6

Paradas para el mantenimiento correctivo en el mes de setiembre del 2018

Día	Paradas	Tiempo promedio (min)	Total pérdida (min)
Día 1	12	18	216
Día 2	15	18	270
Día 3	13	16	208
Día 4	14	16	224
Día 5	10	19	190
Día 6	13	18	234
Día 7	9	20	180
Día 8	13	20	260
Día 9	13	20	260
Día 10	15	19	285
Día 11	9	17	153
Día 12	8	16	128
Día 13	13	20	260
Día 14	12	18	216
Día 15	9	18	162
Día 16	9	16	144

Día 17	13	15	195
Día 18	8	15	120
Día 19	8	17	136
Día 20	11	16	176
Día 21	12	19	228
Día 22	10	17	170
Día 23	9	18	162
Día 24	14	15	210
Día 25	8	17	136
Día 26	11	15	165
Día 27	15	15	225
Día 28	10	17	170
Día 29	15	15	225
Día 30	7	20	140

Fuente: Elaboración propia

En la tTabla 6 se muestra el tiempo que representa las paradas y el promedio de este suceso es 12 paradas, lo cual representa 216 minutos diarios.

Las pérdidas son ocasionadas por la alta humedad en el mes de setiembre.

En el área de producción se tiene por objetivo generar 18 000 ladrillos diarios.

Se cuantificó la cantidad de tiempo perdido durante el proceso de limpieza de la cámara de molienda por obstrucción, la limpieza es un ejercicio repetitivo que se lleva a cabo entre 15 a 20 minutos.

El día 06 se promedió los tiempos de limpieza y se estableció que fueron 16 minutos.

$$Tiempo\ Perdido = Paradas\ Molino\ x\ Tiempo\ Limpieza$$

$$Tiempo\ Perdido = 7\ x\ 16\ min$$

$$Tiempo\ Perdido = 112\ min$$

La jornada de trabajo de la empresa Ladrillera Cosmos es de 9 horas de producción de 18, 000 ladrillos por día, entonces determinaremos la producción por hora y minutos óptimas.

$$Producción\ Hora = \frac{Producción\ óptima}{Jornada\ de\ Trabajo}$$

$$Producción\ Hora = \frac{18000\ ladrillos}{9\ horas}$$

$$Producción\ Hora = 2000\ ladrillos/hora$$

$$Producción\ minuto = 33\ ladrillos\ (redondeado)$$

$$Pérdida\ diaria = Producción\ minuto\ x\ T\ perdido$$

$$Pérdida\ diaria = 33\ x\ 112 = 3696\ ladrillos$$

$$Pérdida\ diaria = 3696\ ladrillos$$

Determinamos la pérdida en costos, el precio utilizado es el que se manejaba durante el 2018 que era de S/. 1,40 por ladrillo.

$$Costo\ de\ pérdida = Perdida\ Diaria\ x\ Precio\ Unitario$$

$$Costo\ de\ pérdida = 3696\ x\ 1{,}40$$

$$Costo\ de\ pérdida = S/.5\ 174{,}40$$

Realizamos la operación para los 30 días que se elaboró la investigación y obtenemos la siguiente tabla.

Tabla 7

Día	Paradas	Tiempo	Tiempo pérdida (min)	Pérdida diaria	Dinero Perdido (soles)
Día 1	12	18	216	7128	9 979,20
Día 2	15	18	270	8910	12 474,00
Día 3	13	16	208	6864	9 609,60
Día 4	14	16	224	7392	10 348,80

Día 5	10	19	190	6270	8 778,00
Día 6	7	16	112	3696	5 174,40
Día 7	8	20	160	5280	7 392,00
Día 8	9	20	180	5940	8 316,00
Día 9	11	20	220	7260	10 164,00
Día 10	11	19	209	6897	9 655,80
Día 11	8	17	136	4488	6 283,20
Día 12	10	16	160	5280	7 392,00
Día 13	7	20	140	4620	6 468,00
Día 14	15	18	270	8910	12 474,00
Día 15	11	18	198	6534	9 147,60
Día 16	14	16	224	7392	10 348,80
Día 17	12	15	180	5940	8 316,00
Día 18	13	15	195	6435	9 009,00
Día 19	10	17	170	5610	7 854,00
Día 20	7	16	112	3696	5 174,40
Día 21	14	19	266	8778	12 289,20
Día 22	15	17	255	8415	11 781,00
Día 23	14	18	252	8316	11 642,40
Día 24	13	15	195	6435	9 009,00
Día 25	15	17	255	8415	11 781,00
Día 26	10	15	150	4950	6 930,00
Día 27	11	15	165	5445	7 623,00
Día 28	7	17	119	3927	5 497,80
Día 29	12	15	180	5940	8 316,00
Día 30	14	20	280	9240	12 936,00
Total					272 164,20

Fuente: Elaboración propia

Según la Tabla 7 existe una pérdida de S/. 272 164,20 soles mensual, lo cual se obtendría si el proyecto del horno Rotatorio se concreta.

4.1.6. Evaluación económica del proyecto por medio de los indicadores VAN y TIR

Balance económico para el horno Rotatorio por medio del VAN y TIR

Para realizar el análisis económico se considera, el costo que se captará por el uso del servicio y esto vendrá a ser como flujo de ingreso y como flujo de egreso tendremos el costo total del horno Rotatorio, el consumo eléctrico por mes, remuneración al trabajador del horno Rotatorio y un mantenimiento cada tres meses del horno.

Tabla 8

Flujo de ingreso

Actividad	Precio (S/.)
Dinero perdido (tTabla 7) en 3 meses	816 492,6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9

Flujo de egreso

Actividad	Precio (S/.)
Molienda por 3 meses	30 000,00
Transporte por 3 meses	50 000,00
Consumo de electricidad trimestral	26 257,77
Remuneración de 03 trabajadores a 80 soles el día por 3 meses	187 200,00
Mantenimiento trimestral.	2 000,00
Total egreso	295 457,77

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10

Costos de trabajos y equipos para la instalación

Componentes	Precio (S/.)
Tambor maquinado	5 200,00
Eje maquinado	4 000,00
Resistencia eléctrica	5 500,00
Aros maquinado x 3	8 000,00
Rodajes SKF	2 500,00
Ventilador	5 000,00
Moto reductor	8 000,00
Piñones	2 000,00
Cadena	1 500,00
Ensamblaje	9 000,00
Total	50 700,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11

Indicadores para el VAN y TIR

Flujo ingreso		Flujo egreso		Flujo de efectivo neto	
Trimestral	Valor A (S/.)	Trimestral	Valor B (S/.)	Trimestral	Valor A-B (S/.)
0		0	50700		-50700
1	816 492,6	1	295 457,77	1	521 034,83
2	816 492,6	2	295 457,77	2	521 034,83
3	816 492,6	3	295 457,77	3	521 034,83
Total	2 449 477,8	**Total**	886 373,31	**Total**	1 563 104,l49

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12

Formulación de datos

Formulación de datos	
f0	S/. -50700
f1	S/.521 034,83
f2	S/.521 034,83
f3	S/.521 034,83
n	3 años
i	30 %
io	S/.50 700

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Resultado del análisis económico

VAN	S/. 895 558,07
TIR	1027 %

Fuente: Elaboración propia

Con el resultado de la Tabla 13, se obtiene un VAN S/. 895 558,07 que es positivo y un TIR que supera al 1027 %, lo que se interpreta que la ejecución del horno Rotatorio es totalmente viable económicamente.

4.2. DISCUSIÓN

Con respecto al antecedente internacional 1:

Se han desarrollado los cálculos para la selección adecuada de materiales para un horno Rotatorio obteniendo valores térmicos, mecánicos y económicos valorados en la presente tesis, la diferencia estaría en que la geometría del horno es distinta y el elemento orgánico frente a arcilla conlleva a que se tenga que usar mayor energía.

Con respecto al antecedente internacional 2:

Para este antecedente no se encuentran similitudes respecto a esta tesis, puesto que los investigadores realizan cálculos distintos y la cámara del horno es estático con un porcentaje alto de deshumedecer la madera frente a lo que se requiere para la arcilla, además en esta tesis se describe la viabilidad económica.

Con respecto al antecedente nacional 1:

En este antecedente la diferencia primordial, es el peso y el nivel de desedificación que requieren, por otro lado, el tiempo con que demoran para que el

horno termine el proceso de secado es altísimo siendo de 19 horas para 15 000 kg de semillas de café.

CONCLUSIONES

Se diseñó un horno Rotatorio para deshumedecer la arcilla en la empresa Cosmos S.A.C. en base a cálculos realizados, el horno puede soportar una carga de 3 000 kg y el secado es rápido.

Calculando los parámetros térmicos para la arcilla a temperatura ambiente, lo cual fue necesario para deshumedecer 4,1 %, esto conlleva a la utilización de una fuente de calor que está compuesta por medio de una resistencia eléctrica en una línea trifásica.

Se calculó y seleccionó el tambor donde la plancha mínima es de 3 mm para evitar la deflexión de la estructura; al mismo tiempo, la tapa está en contacto con el eje de rotación que debe ser mínimamente de 400 mm, teniendo estas condiciones mínimas el horno tiene su margen de seguridad aceptable.

Al realizar una evaluación económica respecto al caso del diseño horno Rotatorio, al cabo de 3 trimestres, la inversión se recuperará, siendo económicamente viable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda diseñar un plan de mantenimiento trimestral para el horno rotatorio, mediante la limpieza generalizada, el uso de lubricantes adecuados en los rodamientos, el piñón y cadenas.

Se debe adoptar acciones de seguridad eléctrica y capacitar al personal sobre el uso mecánico y eléctrico y no sobre pasar la masa de la arcilla de 300 kg, para garantizar el tiempo de vida del equipo y la deflexión de la estructura.

Los equipos eléctricos requieren una línea eléctrica trifásica de 338 voltios, además se recomienda la consultoría de un Ingeniero Mecánico para obtener todo el beneficio de la máquina y el motor eléctrico como impulsor mecánico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca Sánchez, A. E. (2014). *Diseño y construcción de un secador rotatorio para la obtención de escamas pet.* (Previo a la obtención del título de Ingeniero Químico.) Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

Abarca Sánchez, A. E. y Aldaz Flores, M. F. (2014). *Diseño y construcción de un secador rotatorio para la obtención de escamas pet* (Previo a la obtención del título de Ingeniero Químico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador.

Alva Dávila, F. (2009). *Diseño de Elelyientos de máquinas I* (Segunda). Perú.

Bergman, T. L. y Incropera, F. P. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer* (7th ed). Hoboken, NJ: Wiley.

Calentadores de Ductos de Aire. (2015). Recuperado: Wattco website: https://www.wattco.com/es/2015/07/calentadores-de-ductos-de-aire/ 8 de agosto 2019.

Cárdenas Tulcán, L. F., Romero Ortega, D. E. y Ortega López, M. D. (2010). *Diseño y construcción de una máquina secadora de abono orgánico para la planta de abonos de PRONACA.* (Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico.). Escuela Politécnica Nacional, Quito.

Çengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de Calor y Masa.* (Cuarta edición). Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Clases de PROCESO DE MANUFACTURA II - TRANSMISION POR ENGRANAJES Y CADENA. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2019, de https://ingivanfuentesdi.es.tl/TRANSMISION-POR-ENGRANAJES-Y-CADENA.htm

Cubas Arbildo, J. C. (2018). *Diseño de un secador Rotatorio de 1.5 ton. Para deshidratar semillas de café en la zona norte del Perú 2018* (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.). Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú.

Densidades aproximadas de varios materiales. (2019). Recuperado de: http://parquemobil.inubo.es/images/Documentos/densidade_materiais.pdf 18 de julio 2019.

Dilatación Térmica. (2019). Recuperado de: https://www.fisicalab.com/apartado/dilatacion-termica#contenidos 10 de agosto 2019.

Estadísticas. (2019). Recuperado de: Red de Ladrilleras Website: http://www.redladrilleras.net/estadisticas/ 09 de agosto 2019.

Hornos rotatorios - Cemento | ABB. (2019). Recuperado de: https://new.abb.com/drives/es/industrias-aplicaciones/cemento/hornos-rotatorios 08 de agosto 2019.

INDECOPI. (2005). *NTP 399.613*.

Kuperman de la Puente, J. I. (2004). *Cálculo y diseño de un secador de platos de 2,5 tm/hr para harina de pescado.* (Para optar el título profesional de: Ingeniero Mecánico.). Universidad Nacional de Ingeniería., Lima-Perú.

La energía cinética. (2019). Recuperado de: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/cinetica.html 11 de agosto 2019.

L. Abad. (2011). Momentos de Inercia: Tablas de momentos de inercia. Recuperado de: Momentos de Inercia. Website: http://momentosdeinercia.blogspot.com/2011/04/blog-post_15.html 25 de julio 2019.

Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Cuarta). Mexico: Pearson/Educación.

Nico Pretell, A. E. (1992). *Cálculo, diseño y operación de un horno Rotatorio de vía húmeda para la producción de 180 toneladas/día de Clinker.* (Para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico.). Universidad Nacional de Ingeniería., Lima-Perú.

Número de Nusselt. (2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=N%C3%BAmero_de_Nusselt&oldid=114939436

Número de Rayleigh | Real Academia de Ingeniería. (2019). Recuperado de: http://diccionario.raing.es/es/lema/n%C3%BAmero-de-rayleigh 10 de agosto 2019.

Panduro Cárdenas, M. Á., Ramírez Gómez, V., Tunjar García, R. W. y Vásquez Pinedo, J. A. (2013). *Diseño, construcción e instalación de un secador rotatorio para materiales granulados en la FIQ-UNAP*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Químico.). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos-Perú.

Paredes Cifuentes, M. y Doerner Hitschfeld, S. A. (2009). *Proyecto cámara de secado para madera elaborada.* (Trabajo para optar al título de: Ingeniero Mecánico). Universidad Austral de Chile, Valdivia - Chile.

Pérez Herrera, A. (2006). *Construcción de un secador de charolas giratorio y su valoración con ajo (Allium sativum L.)* (Tesis para obtener el título de: Ingeniero en Alimentos). Universidad Tecnológica de la Mixteca., Mexico.

PRODUCE. *Normas Técnicas Peruanas referentes a requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, aguas subterráneas, cuero, caucho, calzado y otros, y dejan sin efecto 30 NTP*. , Pub. L. No. 30224, 057-2017-Inacal/Dn 4 (2018).

Psicrometría. (2019). ¿Qué es el termómetro de bulbo húmedo? (s. f.). Recuperado de: https://www.climasmonterrey.com/que-es-el-termometro-de-bulbo-humedo 07 de agosto 2019.

¿Qué es un ventilador centrífugo?: Explicación sencilla. (2019). Recuperado de: https://es.overblog.com/Que_es_un_ventilador_centrifugo_explicacion_sencilla-1228321783-art336025.html 09 de agosto 2019.

Resistencias calefactoras. (2019). Recuperado de: Termopares | Termopar | Monitoreo temperatura Website: https://www.jmi.com.mx/resistencias-calefactoras 08 de agosto 2019.

SAE 1020. (s. f.). Recuperado de. GGD Metals Website: https://ggdmetals.com.br/es/produto/sae-1020/ 18 de julio 2019

SUMITEC. (s. f.). *Acero grado maquinaria AISI 1020*. Recuperado de: www.sumiteccr.com

Tacna—Observaciones | Historia del tiempo en Perú. (2019). Recuperado de: https://www.weatheronline.co.uk/weather/maps/city?LANG=en&CEL=C&SI=mph&MAPS=over&CONT=samk&LAND=PR&REGION=0021&WMO=84782&UP=0&R=0&LEVEL=150&NOREGION=1 13 de agosto 2019.

Telema, M. N. (2000). *Diseño de un sistema de secado artificial para la producción de la ladrillera La Victoria.* (Trabajo de grado presentado como requisito

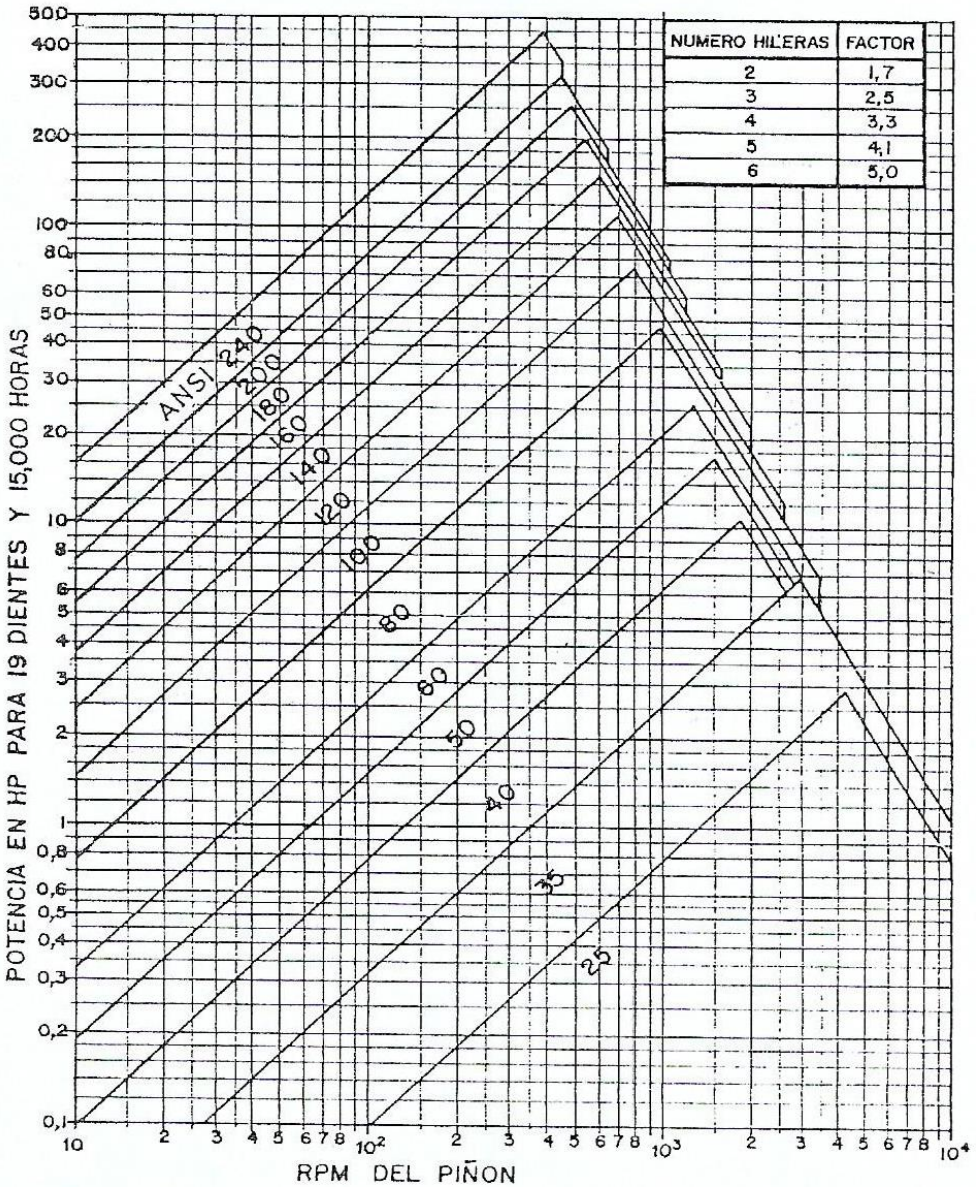
para optar al título de Ingeniero Mecánico.). Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar. Cartagena de Indias D.T. Y C.

Velocidad angular. (2019). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Recuperado de: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Velocidad_angular&oldid=116781460

ANEXOS

Anexo 1

Capacidades de las cadenas de rodillos



Anexo 2

Factores de servicios

FACTORES DE SERVICIOS PARA TRANSMISIONES POR CADENAS DE RODILLOS

MAQUINAS MOTRICES
Clase A: Motores de combustión interna con acoplamiento hidráulico.
Clase B: Motores eléctricos y turbinas
Clase C: Motores de combustión interna con acoplamiento mecánico.

MAQUINAS MOVIDAS	CLASES		
	A	B	C
Agitadores de líquidos y semilíquidos	1,0	1,0	1,2
Alimentadores:			
De mesa giratoria	1,0	1,0	1,2
De mandil de fajas, de tornillos, de paletas rotatorias	1,2	1,3	1,4
Reciprocantes	1,4	1,5	1,7
Batidoras	1,2	1,3	1,4
Bombas centrífugas	1,0	1,0	1,2
Bombas reciprocantes de 7 ó más cilíndros	1,2	1,3	1,4
Compresores centrífugos	1,2	1,3	1,4
Comprensores reciprocantes:			
De 3 ó más cilindros	1,2	1,3	1,4
De 1 ó 2 cilindros	1,4	1,5	1.7
Chancadoras	1,4	1,5	1,7
Elevadores de cangilones:			
Alimentados ó cargados uniformemente	1,0	1,0	1,2
No alimentados ó cargados uniformemente	1,2	1,3	1,4
Generadores	1,0	1,0	1,2
Hornos y secadores rotatorios	1,2	1,3	1,4
Líneas de ejes (Contraejes):			
Para servicio liviano y normal	1,0	1,0	1,2
Para servicio pesado	1,2	1,3	1,4
Maquinarias:			
Para aserraderos	1,2	1,3	1,4
De imprenta	1,2	1,3	1,4
De lavanderías	1,2	1,3	1,4
De panaderías	1,2	1,3	1,4
Máquinas:			
No reversible con carga uniforme	1,0	1,0	1,2
No reversible con carga pulsante moderada	1,2	1,3	1,4
Reversible con carga variable ó con impacto severos	1,4	1,5	1,7
Moledores	1,2	1,3	1,4

Anexo 3

Especificaciones para cadenas

ANSI N°	PASO N°	CARGA de ROTURA Lb	VELOCIDAD MAXIMA, PIES/MIN		
			TIPO de Lubricación		
			MANUAL	GOTEO	SALPICADURA
25	1/4	875	300	2 500	3 500
35	3/8	2 100	370	1 700	2 800
40	1/2	3 700	300	1 300	2 300
50	5/8	6 100	250	1 000	2 000
60	3/4	8 500	220	850	1 800
80	1	14 500	170	650	1 500
100	1 1/4	24 000	150	320	1 300
120	1 1/2	34 000	130	430	1 200
140	1 3/4	46 000	115	370	1 100
160	2	58 000	100	330	1 000
180	2 1/4	76 000	95	300	950
200	2 1/2	95 000	85	260	900

FACTOR MODIFICATORIO DE LA POTENCIA A TRANSMITIR

NÚMERO DE DIENTES	FACTOR	NÚMERO DE DIENTES	FACTOR	NÚMERO DE DIENTES	FACTOR
11	1,73	19	1	27	0,63
12	1,64	20	0,95	28	0,66
13	1,51	21	0,9	29	0,63
14	1,39	22	0,85	30	0,61
15	1,29	23	0,81	31	0,59
16	1,2	24	0,78	32	0,57
17	1,13	25	0,74	33	0,55
18	1,06	26	0,71	34	0,53

Anexo 4

Características de motorreductor Shimpo

Rating Table 1165 rpm Input, Single Reduction, Standard Backlash

SHIMPO

Frame Size	Ratio	11	17	29	35	47	59	71
	Output rpm	106	68.5	40.2	33.3	24.8	19.7	16.4
A03	Input HP	0.78	0.70	0.44	0.40	0.28	0.21	0.14
	Output lb-in	426	591	628	692	655	624	496
A05 A190	Input HP	0.92	0.82	0.51	0.47	0.33	0.25	0.17
	Output lb-in	501	695	739	814	771	733	584
A07 A195	Input HP	0.95	0.97	0.60	0.55	0.39	0.29	0.19
	Output lb-in	521	818	869	957	906	863	687
B01 B197	Input HP	1.63	1.15	0.82	0.65	0.46	0.36	0.29
	Output lb-in	890	970	1,180	1,130	1,070	1,060	1,030
B03 B100	Input HP	2.05	1.44	1.02	0.81	0.57	0.45	0.37
	Output lb-in	1,120	1,220	1,470	1,410	1,340	1,320	1,290
B05 B105	Input HP	2.56	1.81	1.27	1.01	0.72	0.56	0.45
	Output lb-in	1,400	1,530	1,840	1,760	1,680	1,650	1,600
B07 B20H	Input HP	3.20	2.26	1.60	1.26	0.90	0.70	0.57
	Output lb-in	1,750	1,910	2,310	2,200	2,100	2,060	2,000
C01	Input HP	3.78	2.91	1.82	1.66	1.15	0.92	0.76
	Output lb-in	2,070	2,460	2,620	2,900	2,700	2,700	2,700
C03 C110	Input HP	4.73	3.63	2.27	2.08	1.44	1.15	0.96
	Output lb-in	2,590	3,070	3,280	3,630	3,380	3,380	3,380
C05 C115	Input HP	5.55	4.83	3.02	2.78	1.93	1.54	1.27
	Output lb-in	3,040	4,090	4,360	4,840	4,510	4,510	4,500
C07 C225	Input HP	6.52	6.04	3.78	3.47	2.41	1.92	1.59
	Output lb-in	3,570	5,110	5,460	6,050	5,640	5,640	5,630

Anexo 5

Características del ventilador

SODECA

Características técnicas

	Equivalencia Pulgadas	Velocidad max (rpm)	Intensidad máx. admisible (A) 230 V 400V	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m3/h)	Nivel sonoro (dBA)	Peso aprox. (Kg)	According ErP
CBD-1919-4M 1/5 3V	7/7	1230	1,50	0,15	1520	59	7,0	*
CBD-2525-4M 3/4 3V	9/9	1310	3,60	0,55	3600	70	14,0	2015
CBD-2525-6M 1/3 3V	9/9	830	2,00	0,25	2700	62	12,7	*
CBD-2828-4M 3/4 3V	10/10	1310	3,60	0,55	3950	70	16,5	2015
CBD-2828-6M 1/3 3V	10/10	830	2,00	0,25	3200	62	15,2	2015
CBD-2828-6M 3/4 3V	10/10	840	4,10	0,55	3600	64	21,0	*
CBD-3333-6M 1 3V	12/12	850	5,70	0,75	6000	71	24,0	2015

* Equipos fuera de la Directiva 2009/125/EC

VENTILADORES CENTRÍFUGOS Y EXTRACTORES EN LÍNEA PARA CONDUCTOS

CBD CBD 3V CBD/B CBD/B 3V

***CBD:** Ventiladores centrífugos de doble aspiración con motor directo y turbina con álabes hacia delante*
***CBD 3V:** Ventiladores centrífugos de doble aspiración con motor de 3 velocidades*
***CBD/B:** Ventiladores centrífugos de doble aspiración con brida de impulsión y sin pies de apoyo*
***CBD/B 3V:** Ventiladores centrífugos de doble aspiración con brida de impulsión, sin pies de apoyo con motor de 3 velocidades*

CBD CBD 3V

CBD/B CBD/B 3V

Ventilador:
- Envolvente en chapa de acero galvanizado
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado
- CBD y CBD 3V: Se suministra con pies soporte PSB

Motor:
- High efficiency (HE) motores para cumplimiento de ErP 2015
- Motores cerrados con protector térmico incorporado, clase F, con rodamientos a bolas, protección IP54
- Monofásicos 220-240V-50Hz y trifásicos 220-240/380-415V-50Hz
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C + 60°C

Acabado:
- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado

Turbina de alta calidad y gran robustez, equilibrada dinámicamente según ISO 21940-11

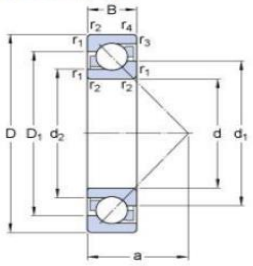
Anexo 6

Características de rodamiento

SKF

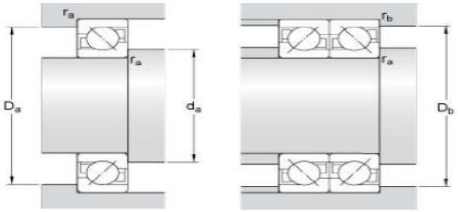
7244 BCBM

Dimensiones



d		220	mm
D		400	mm
B		65	mm
d_1	≈	291.1	mm
d_2	≈	259.1	mm
D_1	≈	333.55	mm
a		164	mm
$r_{1,2}$	min.	4	mm
$r_{3,4}$	min.	1.5	mm

Dimensiones de los resaltes



d_a	min.	237	mm
D_a	max.	383	mm
D_b	max.	391	mm
r_a	max.	3	mm
r_b	max.	1.5	mm

Datos del cálculo

Capacidad de carga dinámica básica	C	390	kN
Capacidad de carga estática básica	C_0	560	kN
Carga límite de fatiga	P_u	13.4	kN
Velocidad de referencia		1900	r/min
Velocidad límite		2200	r/min
Factor de cálculo	A	5.13	

Masa

Rodamiento de masa	37	kg

Anexo 7

Características de resistencias de calor

calelec™ HEATING

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las resistencias eléctricas C/E tipo helicoidal abierto son de construcción sólida, sus módulos-soporte con aisladores de cerámica refractaria y hechos con lámina de acero troquelada o alambrón, son soldados eléctricamente a un marco de acero al cual también queda integrada la placa de terminales de diseño especial formando un conjunto sumamente fuerte que pasa enseguida a recibir un tratamiento electrolítico anti-corrosión y acabado a base de zinc y cromo. Los elementos de alambre cromo-níquel de alta graduación son diseñados a una densidad de potencia adecuada según la aplicación específica que se vaya a dar a la resistencia.
Calefacción Eléctrica, S.A. de C.V. fabrica los aisladores de cerámica refractaria utilizados en las resistencias eléctricas y calentadores. Son de diseño especial en su forma, las dimensiones, características físicas, eléctricas y en su formulación química. Todo ello para dar las especificaciones mecánicas y eléctricas que exigen las normas.
En el departamento de cerámica es preparada la pasta que una vez humedecida en cierto porcentaje es cribada para la formación de pequeños gránulos que pasan a ser moldeados a muy alta presión y enseguida cocidos a alta temperatura (1,250 a 1,300 grados centígrados). El resultado de este proceso son nuestros aisladores de magnífica calidad que sobrepasan los niveles dieléctricos exigidos por las normas. En pruebas de laboratorio nuestros aisladores han probado niveles dieléctricos de 4,000 volts a tierra.

Los calentadores y resistencias eléctricas marca C/E son adecuadas para muy diversas aplicaciones entre ellas en equipos y sistemas de aire acondicionado, unidades para baño sauna, cuartos de secado, procesos industriales, resistencias dehumidificadoras, etc. Lo anterior independientemente de que contamos con departamento de ingeniería y diseño para aplicaciones especializadas fuera de nuestros diseños de línea standard.

Los calentadores tipo ducto línea CDM son de construcción modular totalmente desarmables para aplicaciones en sistemas de aire acondicionado, etc.; en los que el aire fluye a través de las resistencias calentándose por contacto directo en estas.

Los calentadores pueden ser equipos con diversos tipos de protecciones dependiendo de la especificación.

Tabla de especificaciones

MODELO BASICO A 230V.	KW	BTU	VOLTS (OPCIONAL)	ETAPAS	VOLTAJE DE CONTROL (OPCIONAL)	CICLOS	FASES	AMPS (TRIFASICO)
CDM23-06-31	6	20,478	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	15.1
CDM23-09-31	9	30,717	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	22.6
CDM23-15-31	15	51,195	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	37.7
CDM23-18-31	18	61,434	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	45.2
CDM23-20-31	20	68,260	230/440/460/480/575	1	24/120/230	50/60	3	50.3
CDM23-24-32	24	81,912	230/440/460/480/575	2	24/120/230	50/60	3	60.3
CDM23-30-32	30	102,390	230/440/460/480/575	2	24/120/230	50/60	3	75.4
CDM23-36-32	36	122,868	230/440/460/480/575	2	24/120/230	50/60	3	90.4
CDM23-45-33	45	153,585	230/440/460/480/575	3	24/120/230	50/60	3	112.9
CDM23-54-33	54	184,302	230/440/460/480/575	3	24/120/230	50/60	3	135.4
CDM23-60-33	60	204,780	230/440/460/480/575	4	24/120/230	50/60	3	150.4
CDM23-72-34	72	245,736	230/440/460/480/575	4	24/120/230	50/60	3	180.9
CDM23-90-35	90	307,170	230/440/460/480/575	5	24/120/230	50/60	3	226.1
CDM23-100-35	100	341,300	230/440/460/480/575	5	24/120/230	50/60	3	251.2

Modelo, fases y amperes como ejemplo, puede cambiar aplicando otras características.

www.calelec

Anexo 8

Características del acero AISI 1020

AISI	Resistencia a la tracción		Límite de fluencia		Alargamiento en 50 mm	Dureza Brinell
	Kgf / mm^2	Mpa	Kgf/mm^2	Mpa	%	
1010	40,0	392,3	30,2	292,2	39	109
1015	42,9	420,7	32,0	313,8	39	126
1020	45,8	449,1	33,8	331,5	36	143
1025	50,1	491,3	34,5	338,3	34	161
1030	56,3	552,1	35,2	345,2	32	179
1035	59,8	586,4	38,7	377,5	29	190
1040	63,4	621,7	42,2	413,8	25	201
1045	68,7	673,7	42,2	413,8	23	215
1050	73,9	724,7	42,2	413,8	20	229
1055	78,5	769,8	45,8	449,1	19	235
1060	83,1	814,9	49,3	483,5	17	241
1065	87,0	853,2	51,9	509,0	16	254
1070	90,9	891,4	54,6	535,4	15	267
1075	94,7	928,7	57,3	560,9	13	280
1080	98,6	966,9	59,8	586,4	12	293