



## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

REDISEÑO DE UNA ESTUFA DE LECHO ESTÁTICO PARA  
MEJORAR EL PROCESO DE SECADO GRANULADO EN UNA  
INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN LA CIUDAD DE LÍMA-2014

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

MARTHA SUSANA CARLOS POMAZÓN

ASESOR:

Mg. GABRIEL CARLOS REYES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

LIMA – PERÚ

2015

---

Mgtr. Guido Rene Suca Apaza  
Presidente

---

Mgtr. Joel Ruiz Pérez  
Secretario

---

Oscar Becerra Pacherres  
Vocal

## **Dedicatoria**

Dedico el presente trabajo:

A Dios, a mis padres por su ayuda y comprensión en todo momento los cuales me enseñaron los valores de la humildad perseverancia, honestidad, respeto a mis hermanos por su apoyo incondicional de siempre.

### **Agradecimiento**

A los docentes de la universidad Cesar vallejo por guiarme en todo momento de mi carrera. Especialmente a mi asesor Mg. Gabriel Carlos Reyes por brindarme su conocimiento y su apoyo en todo momento para el desarrollo de la presente investigación.

## DECLARACIÓN JURADA

Yo, Martha Susana Carlos Pomazón, con DNI N° 09654334, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, Octubre del 2015.

-----  
Martha Susana Carlos Pomazón  
DNI 09654334

## Presentación

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento de las normas establecidas en el reglamento de grados y títulos de la universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada

“ REDISEÑO DE UNA ESTUFA DE UNA ESTUFA DE LECHO ESTÁTICO PARA MEJORAR EL PROCESO DE SECADO GRANULADO EN UNA INDUSTRIA FARMACEÚTICA EN LA CIUDAD DE LIMA-2014”.la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero Industrial.

Esta investigación tiene como objetivo: Determinar el efecto del proceso de secado granulado en una industria farmacéutica en la ciudad de lima lo cual consta de siete capítulos; el capítulo I plantea una introducción describiendo la realidad problemática trabajos previos, teorías relacionadas al tema de formulación del problema, justificación del estudio, hipótesis y los objetivos que lo guían el capítulo II describe y explica el diseño de investigación, las variables de estudio y su operacionalización. Adicionalmente se explica la población, la muestra y se detalla las técnicas e instrumentos para la recogida y procesamiento de la información, la validación y confiabilidad del instrumento, los métodos de análisis de los datos y aspectos éticos de la investigación, el capítulo III se refiere a resultados de la investigación así como a la comprobación de las hipótesis, en el capítulo IV se presenta y se discuten los resultados de la investigación, en el capítulo V se presentan las conclusiones, en el capítulo VI se presentan las recomendaciones en el capítulo VII se detallan las referencias bibliográficas utilizadas y finalmente se completa con los anexos.

Esperamos señores miembros de jurado que la presente investigación se ajuste a los requerimientos establecidos y que este trabajo de origen a los posteriores estudios

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Página del jurado	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Declaración de autenticidad	V
Presentación	VI
Índice	VII
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XIV</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
1.1 Realidad Problemática	17
1.2 Trabajos previos	20
1.3 Teorías relacionadas al tema	23
1.3.1 Temperatura y Controlador de Temperatura	24
1.3.1.1 medida de temperatura	25
1.3.1.2 Control de Temperatura y Variables del proceso relacionadas	26
1.3.1.3 Ventilación horizontal	27
1.3.1.4 Intercambiador de Calor	28
1.3.1.5 Intercambiador de Calor de doble Tubo	28
1.3.1.6 transferencia de calor y teorías del calor	29
1.3.1.7 Convección de Calor	30
1.3.1.7.1 Calor Sensible	31
1.3.1.7.2 Calor Latente	31
1.3.1.8 Capacidad Calorífica, Molar y Calor Específico	32
1.3.1.9 Cambio de Estado, Calor de Fusión y Vaporización	34
1.3.1.10 Principio de la Termodinámica	38
1.3.1.11 maquina Térmica	40
1.3.1.12 Entropía	43

1.3.1.13 Energía Interna	44
1.3.1.14 Flujo de calor	46
1.3.1.15 Proceso Isocoro, Isotérmico e Isobárico	47
1.3.1.16 Principios Generales de un secado eficiente	49
1.3.1.17 Presión	50
1.3.1.18 Cálculo de Aprovechamiento del Vapor y su Distribución	51
1.3.1.19 Separadores de Gotas	52
1.3.1.20 Purgadores	53
1.3.1.21 Vapor Flash	53
1.3.1.22 Cálculo de Aprovechamiento del Vapor	54
1.3.1.23 Distribución de Vapor	54
1.3.2 Proceso de Granulación	55
1.3.2.1 Granulo Seco	57
1.3.2.2 Granulación por vía Húmeda	58
1.3.2.3 Mezcla del granulado	58
1.3.2.4 Secado de Gránulos	59
1.3.2.5 Sistema de Lecho Fluido	62
1.4 Formulación del Problema	62
1.5 Justificación	62
1.5.1 Justificación Teórica	63
1.5.2 Justificación Práctica	63
1.5.3 Justificación Económica	63
1.5.4 Justificación Metodológica	63
1.6 Hipótesis	63
1.7.1 Hipótesis General	63
1.7.2 Hipótesis Específicos	64
1.7 Objetivos	64
1.6.1 Objetivos General	64
1.6.2 Objetivos Específicos	64

<b>II. MÉTODO</b>	<b>65</b>
2.1 Diseño de investigación	67
2.2 Variables,operacionalización	68
2.3 Población y muestra	70
2.3.1 Población	70
2.3.2 Muestra	70
2.3.3 Muestreo	71
2.3.4 Unidad de análisis	71
2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad	71
2.5 Métodos de análisis de datos	76
2.6 Aspectos éticos	77
<b>III. RESULTADOS</b>	<b>78</b>
<b>IV. DISCUSIÓN</b>	<b>102</b>
<b>V . CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
<b>VI . RECOMENDACIONES</b>	<b>116</b>
<b>VII . REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>122</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>126</b>
- Anexo 1: Instrumentos	127
- Anexo 2: Validación de los instrumentos	128
- Anexo 3: Matriz de consistencia	150
- Anexo 4: Validación de juicio de expertos	151
- Anexo 5: Monitoreo de la temperatura Antes del Rediseño de la estufa de lecho estático	159
- Anexo 6: Estudios de Distribución de Calor en la Estufa de Lecho Estático .	163
- Anexo 7: Comportamiento de la humedad VS. Tiempo	164
- Anexo 8: Resultados de humedad del granulo	165
- Anexo 9: Dispositivos instalados en la estufa de lecho estático	166
- Anexo 10: Identificación de componentes de la maquina estufa de lecho estático Pharmalink	167

- Anexo 11: Manual de la máquina estufa de lecho estático	168
- Anexo 12: Lista de repuestos de la máquina estufa de lecho estático pharmalink 168	
- Anexo 13: Material en contacto con el producto	168
- Anexo 14: Instrumentos de medición y control de la estufa de lecho estático	169
- Anexo 15: Programa de mantenimiento de la estufa de lecho estático	169
- Anexo 16: Acceso para la limpieza de la estufa de lecho estático	169
- Anexo 17: Verificación y controles de la estufa de lecho estático	170
- Anexo 18: Listado del procedimiento de operación de la estufa de lecho estático	170
- Anexo 19: Instrumentos utilizados para realizar las mediciones en la estufa de lecho estático	171
- Anexo 20: Calificación de operación de la estufa de lecho estático	171
- Anexo 21: Calificación de operación de la estufa de lecho estático	172
- Anexo 22: Estufa de lecho estático con ventilación forzada con sistema de Calentamiento a Vapor	173
- Anexo 23: Equipos e Instrumentos de control de la estufa de lecho estático con ventilación forzada	174
- Anexo 23: Dámper de regulación del aire de ventilación de lecho estático	
- Anexo 24: Con ventilación forzada	175
- Anexo 25: Ductos de ingreso y salida del aire de ventilación de lecho	176
- Anexo 26: Diagrama de flujo de vapor de la estufa de lecho estático (Antes del rediseño)	177
- Anexo 27: Diagrama de flujo de vapor de la estufa de lecho estático (Después del rediseño)	177
- Anexo 28 Ahorro de consumo de energía eléctrica.	178

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Comparación de medias de Tiempo de Mezcla (minutos)	79
Tabla 2: Comparación de medias Velocidad de mezcla (Rpm)	80
Tabla 3: Comparación de medias de Número de Malla (1) (número de orificio por pulgada cuadrada)	82
Tabla 4: Comparación de medias Número de Malla (2) (número de orificio por pulgada cuadrada)	83
Tabla 5: Comparación de medias de Tiempo de Amasado (minutos)	84
Tabla 6: Comparación de medias Velocidad del Amasado (Rpm)	86
Tabla 7: Comparación de medias de la Solución Acuosa (%)	87
Tabla 8: Comparación de medias del Tiempo de Secado (minutos)	89
Tabla 9: Comparación de medias Velocidad de Aire (m/s)	90
Tabla 10: Comparación de medias Temperatura de secado (°C )	91
Tabla 11: Comparación de medias Presión de Vapor ( PSI)	93
Tabla 12: Comparación de medias Capacidad Calorífica (Kcal)	94
Tabla 13: Comparación de medias Eficiencia térmica (%)	95
Tabla 14: Comparación de medias Humedad del granulo (%)	97
Tabla 15: Resultado de comparación de medias de la hipótesis específica 1	98
Tabla 16: Resultado de comparación de medias de la hipótesis específica 2	99
Tabla 17: Resultado de comparación de medias de la hipótesis específica 3	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Proceso de Fabricación de Formas Farmacéuticas Sólidas	19
Figura 2: Temperatura frio y caliente.	24
Figura 3: Mediciones del caudal del aire del inyector de la estufa de lecho estático.	27
Figura 4: Intercambiador de Calor de Doble Tubo	29
Figura 5: Determinación del calor específico.	34
Figura 6: Cambio de Estado.	35
Figura 7: Primer Principio termodinámica	39
Figura 8: Energía Interna	44
Figura 9: Transferencia de energía Interna	45
Figura 10: Transferencia de energía.	46
Figura 11: Transferencia de energía en forma de Calor	47
Figura 12: Granulación Seco	56
Figura 13: Granulación Vía Húmeda.	57
Figura 14: Sistema de Lecho Fluido.	60
Figura 15: Multicanal de temperatura	61
Figura 16: Baño termostático.	74
Figura 17: Balanza Humedad	74
Figura 18: Termómetro Patrón	75
Figura 19: Anemómetro Patrón	76
Figura 20: Manómetro Patrón	76
Figura 21: Cronometro Patrón	80
Figura 22 : Comparación de medias de Tiempo de Mezcla (minutos)	81
Figura 23 : Comparación de medias Velocidad de mezcla (Rpm)	82
Figura 24: Comparación de medias de Número de Malla (1) (número de orificio por pulgada cuadrada)	84
Figura 25: Comparación de medias Número de Malla (2) (número de orificio por pulgada cuadrada)	85
Figura 26: Comparación de medias de Tiempo de Amasado (minutos)	85

Figura 27: Comparación de medias Velocidad del Amasado (Rpm)	86
Figura 28: Comparación de medias de la Solución Acuosa (%)	88
Figura 29: Comparación de medias del Tiempo de Secado (minutos)	89
Figura 30: Comparación de medias Velocidad de Aire (m/s)	91
Figura 31: Comparación de medias Temperatura de secado (°C )	92
Figura 32: Comparación de medias Presión de Vapor ( PSI)	93
Figura 33: Comparación de medias Capacidad Calorífica (Kcal)	95
Figura 34: Comparación de medias Eficiencia térmica (%)	96
Figura 35: Comparación de medias Humedad del granulo (%)	97

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado el Rediseño de una estufa de lecho estático para mejorar el proceso de secado granulado en una industria farmacéutica en la ciudad de Lima-2014. tuvo como objetivo general determinar la influencia del rediseño de la estufa de lecho estático para mejorar el proceso de secado granulado. Así como La variable independiente el rediseño de una estufa de lecho estático y sus dimensiones según Kneule F. (1966) controlador de temperatura ,inyector de aire , intercambiador de calor, y la variable dependiente mejorar el proceso de secado granulado y sus dimensiones según Voigt, R.(1982) mezcla del granulado, amasado del granulado, secado del granulado contextualizados a la realidad local.

La investigación fue de tipo aplicativo y su diseño de investigación es realizado pre experimental su población fue de 180,0 kg de granulo hidroxiclороquina sulfato, la muestra estudiada de 123 kg Según Dawson Sauders Bioestadístico (1996) para ello se utilizó la técnica de observación con el instrumento de ficha de recolección de datos y la validación se efectuó por medio de juicio de expertos y la confiabilidad del instrumento se utilizaron procedimiento y normas técnicas peruana trazables a normas técnicas internaciones Los resultados obtenidos mediante la técnica de observación, fueron procesados por Software SPSS, versión 22; la prueba T student para muestras relacionadas de acuerdo a los resultados obtenidos,

Palabras claves: Rediseño estufa, aire caliente, bandejas, curvas de secado, proceso de secado de gránulos

## ABSTRACT

This research entitled “Redesigns of a static bed oven to improve the dry-granulation process in a pharmaceutical industry in the city of Lima”, had as objective to determine the influence of the redesign of the static bed oven to improve the dry-granulation process.

The variable to take in count are the redesign of a static bed oven by Kneule F. (1966) temperature controller and its dimensions, air injector, heat exchanger and variable improve granulation process and drying the granulated mixture dimensions, by Voigt, R.(1982) kneading granulation, drying of granules contextualized to the local reality.

The research was demonstrative-descriptive and its type pre experimental design made its population was of 180.0 kg of granules hydroxychloroquine sulfate, the sample was about 123 kg by Dawson Sauders Bioestadístico (1996) for this observation technique used with the instrument of record of the data collection of the validation which was performed by an expert judgment and reliability of the instrument procedure and the Peruvian technical standards traceable to technical standards used for hospitalizations. The results were obtained by the technique of observation, processed by SPSS software, version 22; Student t test for related samples

According to the results,

Keywords: Redesign stove, hot air, trays, curves of drying, drying of granules