

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA		
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA		
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO		
Nº DE RADICACIÓN: _____		
INFORMACIÓN EJECUTORES		
Ejecutor 1		
Nombre (s):	Juan Leonardo	
Apellido (s):	Romero León	
Código:	20111275034	
E-mail:	<a href="mailto:juxlex@gmail.com">juxlex@gmail.com</a>	
Teléfono fijo:	8809237	
Celular:	3118660214	
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		
Título del Proyecto:	Diseño y simulación de un manipulador de cargas de 30 kg por vacío para la empresa Moffatt s.a.s.	
Duración (estimada):	6 meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Pasantía	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Optimización de procesos industriales	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño de Ingeniería mecánica	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:	Diseño de maquinaria Sistemas hidráulicos y neumáticos Materiales de ingeniería Mecanismos	
INFORMACIÓN PASANTÍA		
Nombre de la empresa:	Moffatt S.A.S.	
Dirección:	Calle 8C No. 77-66	
Teléfonos:	46660192-4660608	
Correo electrónico:	<a href="mailto:ingenieria@moffattec.com">ingenieria@moffattec.com</a>	
Página Web:	<a href="http://www.moffattec.com">www.moffattec.com</a>	
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA		
Director: (Vo. Bo.)	Mauricio González	
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	Fabián Andrés Henao	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)		

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MANIPULADOR DE CARGAS DE 30 KG POR  
VACÍO PARA LA EMPRESA MOFFATT S.A.S.

JUAN LEONARDO ROMERO LEÓN

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD TECNOLÓGICA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN MANIPULADOR DE CARGAS DE 30 KG POR  
VACÍO PARA LA EMPRESA MOFFATT S.A.S.

JUAN LEONARDO ROMERO LEÓN

PROYECTO DE GRADO PASANTÍA  
PARA EL TÍTULO DE INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD TECNOLÓGICA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
BOGOTÁ D.C.  
2018

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. EL PROBLEMA</b>	7
<b>1.1. ESTADO DEL ARTE</b>	9
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN</b>	11
<b>2. OBJETIVOS</b>	12
2.1. OBJETIVO GENERAL	12
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
<b>3. MARCO TEÓRICO</b>	13
3.1. Definición manipuladora de cargas al vacío.	13
3.2. Descripción	13
<b>3.3. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE MANIPULADO</b>	14
3.3.1. Diseño de columnas bajo una carga excéntrica.	15
3.3.2. Carga axial excéntrica:	16
3.3.3. Método del esfuerzo permisible:	16
3.3.4. Método de interacción.	17
3.3.5. Vigas Completamente Esforzadas.	17
3.4. SIMULACIÓN CAD	18
<b>6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN</b>	22
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	24
<b>8. PERFIL DEL ESTUDIANTE REQUERIDO</b>	25
<b>9. FUNCIONES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE</b>	25
<b>10. COMPETENCIAS QUE DEBE TERNE EL ESTUDIANTE</b>	25

## RESUMEN

El presente proyecto esta plateado para la empresa MOFFATT S.A.S. dedicada a la prestación de servicios de ingeniería, fabricación, mantenimiento y automatización de procesos industriales referentes al transporte neumático. La cual en la búsqueda de mejorar la maquinaria que comercializa desde el punto de vista técnico e ingenieril, quiere realizar con este trabajo el diseño mecánico de uno de sus equipos.

Para este caso en particular se eligieron los manipuladores de cargas al vacío, ya que se están fabricando sin seguir parámetros básicos de diseño que sean documentados y verificables, además de que no se tenga un diseño estandarizado definitivo, porque en la mayoría de los casos es el que ensambla la maquina quien por prueba y error adecua el correcto funcionamiento de la misma.

Respecto a estas observaciones, la idea es tomar estos manipuladores comenzar a realizar todo el proceso de diseño mecánico necesario referente a este tema. Conjuntamente este procedimiento se llevará a cabo implementado herramientas computacionales CAD como Autodesk Inventor, programa con el que cuenta actualmente la compañía.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se está implementando maquinaria en el traslado y levantamiento de cargas pequeñas como lo son; los bultos o sacos, cuñetes, cajas, etcétera, con pesos no mayores a 25Kg. Anteriormente estas funciones eran realizadas por los mismos operarios con su fuerza física durante su jornada laboral, lo cual con el tiempo tenía implicaciones ergonómicas desfavorables para la salud.

Teniendo en cuenta lo anterior la normativa en salud ocupacional ha establecido un límite de carga máxima de 25Kg que una persona debe de levantar. Aclarando que alzar y trasladar estas cargas repetitivamente durante largos periodos de tiempo también es perjudicial para la salud.

Por tal motivo la empresa colombiana Moffatt S.A.S. dedicada a la prestación de servicios de ingeniería y automatización de procesos industriales, está fabricando manipuladores de carga al vacío, con el objetivo de proteger la integridad física de los operarios a la vez que se vuelven más productivos en sus labores diarias.

Pero al respeto del desarrollo de estos equipos dentro de la compañía, se observa que no existen cálculos de diseño mecánico que permitan verificar teóricamente el resultado para la fabricación, además el “correcto” funcionamiento de estas maquina es determinado por prueba y error, lo que deja unas grandes incógnitas referentes a la idoneidad de su diseño y puesta en operación de estos manipuladores de carga.

A raíz de esta problemática, el presente trabajo tiene el objetivo de resolver esas incógnitas, llevando a cabo procedimientos de diseño mecánico adecuados, con la ayuda de herramientas computacionales para realizar análisis por elementos finitos, para poder determinar y verificar las variables operacionales inherentes al equipo, con el fin de garantizar y poder avalar la adecuada funcionalidad de los manipuladores de carga al vacío, que para este caso en particular será para pesos de 30Kg.

## 1. EL PROBLEMA

Como determinar al poner en funcionamiento el manipulador de cargas por vacío, que cargas realmente puede llegar a soportar, ¿están sobredimensionadas sus partes estructurales y mecánicas?, que, si es así, ¿cuál es el sobrecosto en materiales? o si el caso fuese de manera contraria, ¿podría tener algún elemento por debajo del factor de seguridad recomendable que acorte la vida útil del equipo? Dentro del sistema de conducción y generación del vacío no se evidencia registro alguno de cálculo, por ende ¿La elección de las especificaciones de la bomba regenerativa y las tuberías que conforman este conjunto, es la adecuada para la carga a la cual se someterá la maquina?

### Descripción del problema

Moffatt s.a.s. es una empresa dedicada al transporte neumático y a la automatización de procesos industriales, por ende, uno de los fuertes de están industria es la fabricación de los equipos que componen estos procesos y que de dependen de cada proyecto en particular ya sea para las compañías cementeras, de pinturas, de bebidas, químicas etc.

Dentro de la gama de fabricación de la empresa se encuentran máquinas y equipos como descargadores de big bag, tornillos transportadores, pulsos, filtros, tanques, silos, tolvas, mezcladores, horizontales y verticales, envasadoras y manipuladores de carga. Para llevar a cabo este proceso la compañía tiene un departamento de diseño para realizar esta labor que se sirve de un software especializado en el tema como lo es Autodesk Inventor, herramienta CAD.

A pesar de ello en muchas ocasiones no se utilizan muchas herramientas de cálculo y de elementos finitos con las que viene este programa computacional por la estreches e inmediatez en los tiempos de entrega a menos que sea estrictamente necesario frete a los riesgos altos en la falla de procesos y que puedan afectar a la integridad física de los operarios, también si es exigencia explicita del cliente llevar a cabo ciertos cálculos más que todo en parte estructural.

Por esta razón, no se lleva en la mayoría de los casos un procedimiento idóneo de diseño que englobe todas las variables implícitas dentro del desarrollo y definición física de los equipos a fabricar, lo que conlleva a la imposibilidad de acreditar mejor estas máquinas frente a los clientes y que para la compañía podría tener otras

implicaciones como sobrecostos en materiales, en procesos de manufactura, en fallas prematuras y reparaciones durante tiempos de garantía.



## 1.1. ESTADO DEL ARTE

Al revisar la bibliografía encontrada respecto al diseño mecánico de máquinas, lo cual hace parte del tema central de este trabajo, se observaron similitudes en otros proyectos; Como han abordado el tema y que procedimientos han llevado a cabo para buscar las posibles soluciones. A continuación, se hace una breve presentación de cuatro trabajos de grado que tratan los temas, de diseño, parametrización, optimización, e implementación CAD. En primera instancia se presenta el trabajo titulado:

Análisis y optimización paramétrica de la estructura de izaje y chasis de semirremolque de la unidad móvil APU.<sup>1</sup>

Abordan el tema de la siguiente manera:

optimización paramétrica del chasis y su estructura de izaje haciendo uso de tecnologías limpias existentes como lo son el análisis por elementos finitos y las herramientas ofimáticas disponibles para ello, se utilizara el software Ansys para modelar un sistema que represente el comportamiento del sistema en sus estados de carga en movilización y en proceso de izaje dentro de una locación petrolera parametrizando las variables que más afectan el aporte en masa al conjunto logrando iniciar un proceso de optimización iterativa de dichos parámetros para finalmente determinar la configuración del diseño.<sup>2</sup>

En segundo lugar, se encontró una tesis de grado que también trata el diseño e implementación de un manipulador para cubiertas de recinto motor.

La estructura la conformaron con un perfil IPN, una viga que pivota en la parte superior, la cual permitió trasladar la cubierta al sitio requerido y por último se diseñó y construyó un brazo manipulador conformado por dos cilindros neumáticos que adecuan su posición para tomar por medio de ventosas de succión la cubierta y poderla colocar en la unidad ensamblada.

“Aparte de las comprobaciones teóricas realizas se utilizaron algún software para diseñar este manipulador, dentro de estos tenemos Solid Works, AutoCAD, SAP. El factor mínimo de seguridad de los elementos que forman el dispositivo fue de 2, lo que asegura que el dispositivo funcionara de manera adecuada.”<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> AGUILAR MONTILLA, Robert Armando. Análisis y optimización paramétrica de la estructura de izaje y chasis de semirremolque de la unidad móvil APU. Trabajo de grado Ingeniería mecánica. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.

<sup>2</sup> Ibíd.,

<sup>3</sup> TORRES ESPARZA, Liliana Geoconda y VÁSQUEZ BARAHONA, Carlos Antonio. Diseño e implementación de un sistema gravedad cero para manipulación de cubierta de recinto motor en la línea de acabado metálico de maresa ensambladora. Trabajo de grado Ingeniería mecánica. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2016.

Seguidamente, en este proyecto titulado: Diseño de una máquina lavadora y un transportador de alimentación para una línea de procesamiento de croquetas de yuca.<sup>4</sup> Que toma como estrategia metódica la técnica (QFD) y en al que se puede citar lo siguiente:

La memoria de cálculos y demás fueron desarrollados con ayuda de manuales de ingeniería y recolección de datos en campo, teniendo presente los resultados del QFD. Además de ello, la lavadora y el transportador se proyectó sobre el programa de diseño asistido por computadora SolidWorks, del cual se exportó el conjunto estructural de la dupla de máquinas, para ser optimizada por medio de SolidWorks Simulation. Finalmente, se generó un análisis detallado de costos y manuales de mantenimiento.<sup>5</sup>

Respecto a los antecedentes en este ámbito del diseño en ingeniería mecánica, se encuentra bastante información de las plataformas académicas de las universidades y las propias de Google

---

<sup>4</sup> GÓMEZ RODRÍGUEZ, Johnnier y HERRERA PEÑA, DANIEL GONZALO. Diseño de una máquina lavadora y un transportador de alimentación para una línea de procesamiento de croquetas de yuca. Trabajo de grado Ingeniería mecánica. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016.

<sup>5</sup> *Ibíd.*,

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este proyecto permitirá que la empresa Moffatt pueda proyectar de una mejor manera esta máquina, frente a la calidad de sus productos y acreditarlos de manera técnica con datos verificables, a partir del diseño mecánico aplicado en el manipulador de cargas por vacío.

En segunda instancia, el conocimiento técnico adquirido facilitara saber y cuantificar las cargas que influyen en el correcto funcionamiento del equipo, que los componentes normalizados estén seleccionados correctamente para así evitar posibles fallos inesperados, reduciendo costos en mantenimiento, en el consumo energético al momento de la puesta en operación y en recursos para su fabricación, como sería en el caso de partes sobredimensionadas.

Consecuentemente todo esto beneficia al comprador y que en este momento no es posible determinar. Por otra parte, los operarios de la máquina, serán a final de cuentas los más favorecidos por que tienen una herramienta de trabajo acorde con la normativa actual con respecto a la seguridad industrial y salud ocupacional y que ayudar a garantizar el cumplimiento de la misma.

Por último, este trabajo busca sentar una base metódica aplicable no solo a este equipo como tal, sino a las demás máquinas que construye y comercializa esta compañía.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Diseñar y simular un manipulador para cargas de 30 kg por vacío para la empresa Moffatt S.A.S.

### 2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico en cuanto a diseño mecánico de los manipuladores ya fabricados por la empresa.
- Definir la estructura del manipulador; columna y brazos articulados, para determinar las dimensiones más adecuadas según las cargas a las cuales va a estar sometido el equipo.
- Simular por elementos finitos la geometría del diseño propuesto en busca de su optimización, implementado la herramienta CAD que utiliza la empresa (Autodesk Inventor Professional 2018).
- Dimensionar el sistema generador de vacío y seleccionar los elementos necesarios, según los requerimientos específicos de operación del equipo
- Modelar una la válvula de operación manual adecuada para la correcta manipulación del equipo.
- Presentar una propuesta de fabricación con sus respectivos costos.

### 3. MARCO TEÓRICO

#### 3.1. Definición manipuladora de cargas al vacío.

“En el sector de la técnica de vacío se denominan manipuladores ingravidos a los dispositivos que elevan, trasladan y vuelven a depositar cargas por medio de vacío” (SCHMALZ, 2018), Permitiendo el movimiento de una carga de forma rápida y con muy poco esfuerzo físico por parte del operario mejoran la ergonomía y la eficiencia de la tarea a realizar.

#### 3.2. Descripción

Está compuesto por una columna de soporte, brazos articulados para el traslado de la carga, un elevador por vacío que consta de ducto flexible tipo acordeón, una válvula de accionamiento manual que permite activar o desactivar la conducción de aire por la ventosa de agarre del producto a manipular.

Según la geometría de la ventosa se pueden manipular:

- Cajas.
- Cuñetes y Bidones.
- Sacos.
- Tableros de Madera.
- Bidones.
- Piedra, mármol y granito.
- Vidrio.
- componentes para la industria automotriz.

Existen diversos manipuladores de carga según el principio de funcionamiento: Vacío, Neumáticos, eléctricos y robóticos. Se encuentran otras clasificaciones según los grados de libertad, si son de instalación fija o móvil y de operación manual o autónomos.

Figura 1. Manipulador por vacío



Fuente: <https://www.vinca.es>

Figura 2. Manipulador Neumático



Fuente: <https://www.vinca.es>

Figura 3. Manipulador Eléctrico



Fuente: <http://www.smamotronic.com>

Figura 4. manipulador robótico



Fuente: <http://www.arghys.com>

### 3.3. Diseño de la estructura de soporte manipulado

Como ya se había mencionado anteriormente, este manipulador está compuesto estructuralmente por: una columna, y dos brazos en articulados en posición horizontal. Primeramente, para el diseño de la columna se tiene en cuenta que el caso donde está esta fija en su base y libre en su parte superior, pero en la cual incide una carga excéntrica, que en este caso son el peso de los brazos, el del sistema de manipulación y la carga que se va a levantar.

Para el diseño de la columna, se tomará el caso crítico en donde el momento flector es máximo, situación presentada cuando los brazos se encuentran alienados conjuntamente, que en otras palabras es la radio máxima cubierto por el equipo para el levantamiento de la carga. Además, se tendrá en cuenta para el cálculo un perfil

estructural en acero. A continuación, se presentan las consideraciones relacionadas con el diseño de la columna.

### 3.3.1. Diseño de columnas bajo una carga excéntrica.

Carga Crítica:

La carga  $P$  más pequeña para la cual el pandeo podría ocurrir, para esta carga, u otra mayor, el equilibrio de la columna es inestable y ocurren deflexiones transversales. (BEER, 2013) Para este caso se presenta la fórmula de Euler: carga crítica y esfuerzo crítico.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \quad \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E_t}{(KL/r)^2}$$

En donde:

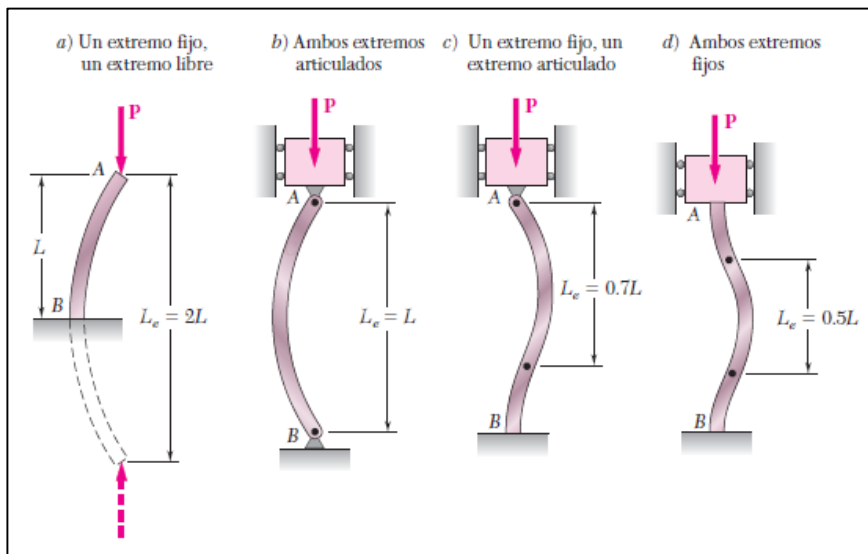
E: Modulo de elasticidad

L: longitud

K: Hace referencia a las condiciones de extremo de la columna

r: radio de giro

Figura 5



Fuente: (BEER, 2013)

### 3.3.2. Carga axial excéntrica:

“En una columna articulada sometida a una carga  $P$  aplicada con excentricidad  $e$ , reemplazamos la carga por una carga axial céntrica y un par de momento  $M_A=Pe$  para deducir la expresión para la máxima deflexión transversal.”<sup>6</sup> Y el esfuerzo máximo o fórmula de la secante:

$$v_{\text{máx}} = e \left[ \sec \left( \sqrt{\frac{P}{EI}} \frac{L}{2} \right) - 1 \right] \quad \sigma_{\text{máx}} = \frac{P}{A} \left[ 1 + \frac{ec}{r^2} \sec \left( \frac{L}{2r} \sqrt{\frac{P}{EA}} \right) \right]$$

En donde:

$e$ : excentricidad

$I$ : momento de inercia

$A$ : área de la sección transversal de la columna

$c$ : distancia desde el eje centroidal hasta la fibra exterior de la columna donde ocurre el esfuerzo máximo de compresión.<sup>7</sup>

### 3.3.3. Método del esfuerzo permisible:

Este método parte de la suposición de que los esfuerzos permisibles son iguales tanto en carga excéntrica como céntrica, donde se deben cumplir que:

$$\sigma_{\text{máx}} \leq \sigma_{\text{perm}}: \quad \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} \leq \sigma_{\text{perm}}$$

Donde el esfuerzo permisible se define, según la AISC (American Institute of Steel Construction) como:

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{\sigma_{\text{cr}}}{1.67}$$

<sup>6</sup> BEER, Ferdinand p. y JOHNSTON, E. Russell. Columnas. En: Mecánica de Materiales. 6 ed. México: Miguel Ángel Toledo Castellanos, 2013. p. 531-574.

<sup>7</sup> HIBBELER, R. C. *Pandeo de Columnas*. En: Mecánica de Materiales. México: 2011. p. 704.



Y en función de la relación de esbeltez ( $L/r$ ), donde se toma la mayor relación en los códigos de ingeniería práctica lo cual produce un diseño bastante conservador.

#### 3.3.4. Método de interacción.

Cuando una columna está sometida a cargas excéntricas resulta útil observar cómo interactúa el esfuerzo a axila generado por la carga  $P$  y el esfuerzo flexionante causado por el momento  $M$ . y que satisface esta desigualdad:

$$\frac{P/A}{(\sigma_{\text{perm}})_{\text{céntrico}}} + \frac{Mc/I}{(\sigma_{\text{perm}})_{\text{flexión}}} \leq 1$$

“Este enfoque de diseño requiere un procedimiento de prueba y verificación en el que el diseñador. “Se considera que una elección económica es aquella en la que el lado izquierdo es cercano pero inferior a 1.”<sup>8</sup>

En segunda instancia se plantea la teoría referente a los brazos articulados en la que se pueden relacionar con el diseño de vigas en este caso no prismáticas.

#### 3.3.5. Vigas Completamente Esforzadas.

Las vigas de sección transversal uniforme se diseñan para que resistan el esfuerzo permisible en sus puntos críticos, pero en el resto de secciones a lo largo de su longitud, los esfuerzos normales, posiblemente sean más pequeños que  $\sigma_{\text{perm}}$ , esto implica un sobredimensionamiento de la viga. Por tal motivo es más eficiente la utilización de vigas no prismáticas. Para el diseño óptimo se debe satisfacer la siguiente igualdad:

$$S = \frac{|M|}{\sigma_{\text{perm}}}$$

En donde:

S: Módulo de la sección  $S=I/c$

M: Momento flector.

En la práctica se suele usar postizos en los perfiles estructurales comerciales lo que permite modificar la geometría de la sección transversal en cada punto de la viga. Es

---

<sup>8</sup> HIBBELER, R. C. *Pandeo de Columnas. En: Mecánica de Materiales*. México: 2011. p. 704.

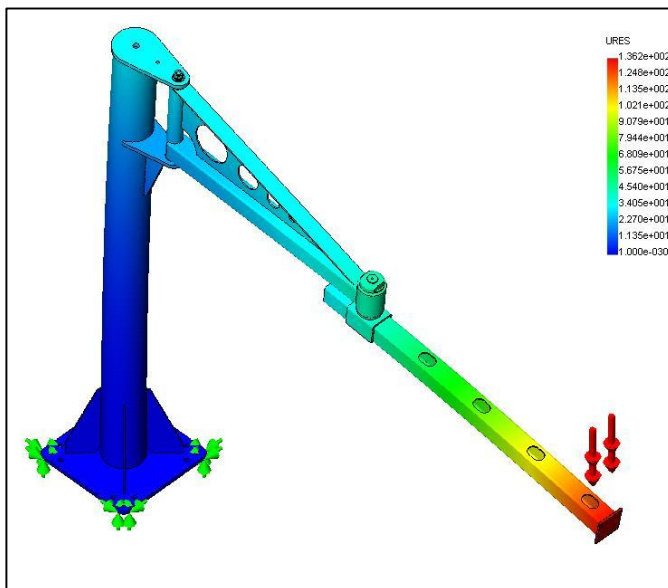
posibilita tener un ahorro considerable ya que evita utilizar denominaciones más grandes, pesadas y costosas de perfiles.

### 3.4. Simulación CAD

A continuación, se presenta la definición que muestra Autodesk en su página de internet.

“El análisis de elementos finitos (FEA) es un método computarizado para predecir cómo reaccionará un producto ante las fuerzas, la vibración, el calor, el flujo de fluidos y otros efectos físicos del mundo real. El análisis de elementos finitos muestra si un producto se romperá, desgastará o funcionará como se espera. Se denomina análisis.”<sup>9</sup>

Figura 6



Fuente: <http://www.jabacaicoa.com>

<sup>9</sup> AUTODESK INC. (10 de 05 de 2018). Autodesk. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/finite-element-analysis>

#### **4. METODOLOGÍA**

De acuerdo a los objetivos expuestos en este proyecto, a continuación, se plantearán el método a seguir, para llevar a consecución la de solución al problema planteado, haciendo una descripción de las etapas que lo conforman.

##### **ETAPA DE DOCUMENTACIÓN Y DIAGNOSTICO:**

En esta se hará el acopio de la información existente y relevante con relación al problema de investigación, como lo son libros, artículos de revistas, información técnica de los equipos con características similares al que, a diseñar, data sheet de elementos normalizados y estandarizados y de la bibliografía técnica especializada en diseño de máquinas. Seguramente se procederá a realizar un diagnóstico de las maquinas existentes que ha construido Moffatt en anteriores proyectos empresariales.

##### **ETAPA DE INGENIERÍA INVERSA:**

En esta fase se llevará a cabo el proceso contrario al tradicional en la ejecución de un proyecto en ingeniería, en este caso el diseño mecánico del manipulador de cargas por vacío, ya que de los equipos existentes que tienen en si un desarrollo técnico elaborado por compañías expertas en el tema. La aplicabilidad del método de la ingeniería inversa en este sentido es relevante y de gran ayuda en esta etapa del proceso.

##### **ETAPA DE DISEÑO MECÁNICO:**

Con la obtención y el análisis de los datos registrados en las etapas anteriores y a la par del procedimiento de ingeniería inversa, se comienza el proceso de diseño mecánico preliminar, con la cual se dará una idea de cómo estaría constituida y dimensionada la máquina y sus sub conjuntos como lo son; la estructura de soporte, los brazos articulados, el mecanismo de elevación, el sistema de operación el cual debe ir ligado a la correcta disposición ergonomía de sus elementos (mando de válvula) y dispositivo de succión (ventosa de agarre) y los demás componentes a seleccionar.

##### **ETAPA DE MODELADO CAD**

En este paso del proyecto se comienza a modelar tridimensionalmente la geometría determinada anteriormente, esto se llevará a cabo por medio de la herramienta ofimática CAD Autodesk Inventor Professional 2018, software que implementa

actualmente la empresa Moffatt S.A.S. teniendo en cuenta durante esta fase los procesos de manufactura viables para nuestro entorno, utilizando referencias de materiales de fácil obtención comercialmente.

#### ETAPA DE SIMULACIÓN.

Después de tener el pre-modelo 3D en el programa computacional, principalmente de la estructura de soporte y de los brazos articulados que sostienen y permiten la movilidad del dispositivo de succión del equipo se usara la técnica por elementos finitos para llevar a cabo una simulación de cargas a las cuales se va someter el equipo. Después de haber obtenido los resultados del análisis, revisar los puntos críticos de esfuerzos máximos y mínimos que sea susceptibles a modificación para optimizar el diseño.

#### ETAPA, PROPUESTA DE FABRICACIÓN.

Finalmente, se tomará el diseño definitivo, en las etapas anteriores de este proceso metódico, para realizar la documentación formal por medio del dibujo mecánico que costará de planos detallados de ensambles generales, sub ensambles y despiece con las correspondientes listas de materiales. Y así poder presentar a un estimativo de costos para fabricación.

## 5. CRONOGRAMA

FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN (meses)					
		1	2	3	4	5	6
DOCUMENTACIÓN Y DIAGNOSTICO	acopio de la información existente	■					
	información técnica	■					
	diagnóstico de las maquinas existentes	■					
INGENIERÍA INVERSA	medidas equipos existentes	■	■				
	datos de regenerador Y elementos normalizados		■				
	Cálculos en base a lo existente		■				
DISEÑO MECÁNICO	Cálculos preliminares		■	■			
	Selección de elementos normalizados		■	■			
	Calculo circuito de vacío		■	■	■		
MODELADO CAD	Generación de piezas en CAD			■	■		
	Sub ensambles			■	■		
	Ensamblés				■	■	
SIMULACIÓN	adecuación del modelo para análisis				■	■	
	Agregar cargas externas					■	
	Simular esfuerzo, deformación, deflexión etc.					■	
	Optimizar según proceso iterativo.					■	
PROPUESTA DE FABRICACIÓN	Elegir Diseño Definitivo						■
	Detallar despiece según materiales comerciales y estándar						■
	Generar planos de despiece ensamble y subensambles						■
	Determinación de costos de materiales para una propuesta de fabricación						■

## 6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

Tabla 1. Recurso Material

Generales	Detalle	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Total
<b>Fotocopias</b>	Documentación inicial	Unidad	60	\$ 50	\$ 3.000
<b>Libros</b>	n/a			\$ -	\$ -
<b>Planos</b>	n/a		25	\$ 200	\$ 5.000
<b>Horas de laboratorio</b>	n/a			\$ -	\$ -
<b>Impresión de planos</b>	Propuesta de fabricación	Unidad	30	\$ 1.000	\$ 30.000
<b>Impresión documentos</b>	Documentación final	Unidad	100	\$ 200	\$ 20.000
<b>Suministros de oficina</b>	Computador	Unidad	1	\$ 3.400.000	\$ 3.400.000
<b>herramientas de medición</b>	Pie de rey, Flexómetro	Unidad	1	\$ 291.100	\$ 291.100
<b>Transportes</b>	n/a	Unidad	40	\$ 2.300	\$ 92.000
<b>Gastos Generales asociados al proyecto</b>					\$ 3.841.100

Tabla 2. Software

Software	Detalle	Costo referencia	% Uso	Costo Uso	Total
<b>Licencia 1</b>	Windows 10 Pro	\$ 169.443	80%	\$ 135.554	\$ 813.326
<b>Licencia 2</b>	Inventor Professional	\$ 717.868	70%	\$ 502.508	\$ 3.015.046
<b>Licencia 3</b>	Microsoft Office	\$ 19.166	50%	\$ 9.583	\$ 57.498
<b>Licencia 4</b>	n/a	\$ -	0%	\$ -	\$ -
<b>Licencia 5</b>	n/a	\$ -	0%	\$ -	\$ -
<b>Digitación 1</b>	n/a	\$ 10.000	30%	\$ 3.000	\$ 18.000
<b>Digitación 2</b>		\$ -	0%	\$ -	\$ -
<b>Computador</b>		\$ 50.000	50%	\$ 25.000	\$ 150.000
<b>Suministros de computador</b>		\$ 20.000	10%	\$ 2.000	\$ 12.000
<b>Internet</b>		\$ 159.900	20%	\$ 31.980	\$ 191.880
<b>Costos de licencias, conexión y computador</b>					\$ 4.257.750

Tabla 3. Recurso Humano

Descripción	Cantidad de personas	Dedicación semanal	Valor Hora	Costo personal
	Número	Horas	Pesos	Pesos
<b>Autores del proyecto</b>	1	5	\$ 15.000	\$ 1.950.000
<b>Director o tutor (interno)</b>	1	0,3	\$ 20.000	\$ 156.000
<b>Director o tutor (externo)</b>	1	0,3	\$ 60.000	\$ 468.000
<b>Profesor (responsable interno)</b>	0	0	\$ 0	\$ 0
<b>Apoyo técnico</b>	0	0	\$ 0	\$ 0
<b>Apoyo administrativo</b>	1	0,2	\$ 12.000	\$ 62.400
<b>Asesor</b>	0	0	\$ 0	\$ 0
				\$ 2.636.400
<b>Carga Prestacional</b>			58,70%	\$ 1.547.567
				\$ 4.183.967

Tabla 4. Presupuesto General

<b>Presupuesto General Proyecto</b>			
<b>Duración estimada en meses</b>		6	
<b>Semanas</b>		26	
<b>Descripción</b>		<b>Costo asociado</b>	<b>Fuentes de financiación</b>
Recurso Humano Asociado		\$ 4.183.967	
1	Autores del proyecto	\$ 3.094.650	Empresarial
1	Director o tutor (interno)	\$ 247.572	Institucional
1	Director o tutor (externo)	\$ 742.716	Empresarial
0	Profesor (responsable interno)	\$ -	
0	Apoyo técnico	\$ -	
1	Apoyo administrativo	\$ 99.029	Empresarial
0	Asesor	\$ -	
Software o equipo de apoyo		\$ 4.257.750	
Gastos Generales		\$ 3.841.100	
Diseño Prototipo		\$ -	
Condiciones específicas		\$ -	
<b>Subtotal</b>		\$ 12.282.817	
5%	<b>Imprevistos</b>	\$ 614.141	
<b>Total, presupuestado</b>		\$ 12.896.958	<b>Empresarial (Moffatt S.A.S)</b>

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- AGULAR MONTILLA, R. A. (2016). *Análisis y Optimización Paramétrica de la Estructura de Izaje y Chasis de Semirremolque de la Unidad Móvil Apu*. Bogotá. Recuperado el 05 de 05 de 2018, de <http://hdl.handle.net/11349/7949>
- AUTODESK INC. (10 de 05 de 2018). *Autodesk*. Obtenido de <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/finite-element-analysis>
- BEER, F. p. (2013). *Columnas*. En: *Mecánica de Materiales*. 6 ed. México: Miguel Ángel Toledo Castellanos, 2013. p. 531-574.
- GÓMEZ RODRÍGUEZ, J. y. (s.f.). Diseño de una máquina lavadora y un transportador de alimentación para una línea de procesamiento de croquetas de yuca. Trabajo de grado Ingeniería mecánica. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Fran.
- HIBBELER, R. C. (2011). *Pandeo de Columnas*. En: *Mecánica de Materiales*. 8 ed. México: Luis Miguel Cruz Castillo, 2011. p. 692-703.
- SCHMALZ. (30 de ABRIL de 2018). *J. Schmalz GmbH*. Obtenido de <https://www.schmalz.com/es/diccionario/ergonomicos-manipuladores-ingravidos-de-schmalz/>
- SMA. (30 de ABRIL de 2018). *SMA SISTEMAS DE MANIPULACION ASISTIDA*. Obtenido de [http://www.smamotronic.com/manipuladores-neumaticos-ingravidos.php?idc=28&manipuladores\\_electricos\\_por\\_manga\\_de\\_vacio](http://www.smamotronic.com/manipuladores-neumaticos-ingravidos.php?idc=28&manipuladores_electricos_por_manga_de_vacio)
- TORRES ESPARZA, L. G. (s.f.). *Diseño e implementación de un sistema gravedad cero para manipulación de cubierta de recinto motor en la línea de acabado metálico de maresa ensambladora*. Trabajo de grado Ingeniería mecánica. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2016.



## **8. PERFIL DEL ESTUDIANTE REQUERIDO**

Estudiante de Ingeniería Mecánica con capacidades para el manejo de AutoCAD, Autodesk Inventor Pro, Vault Professional, dibujo e interpretación de planos mecánicos, lectura de instrumentos de medición y conocimientos en procesos de manufactura.

## **9. FUNCIONES A DESARROLLAR POR EL ESTUDIANTE**

- Elaborar modelos 3D.
- Planos detallados de despiece y fabricación
- Levantamiento de Información.
- Apoyo en la elaboración de manuales técnicos y de operación

## **10. COMPETENCIAS QUE DEBE TENER EL ESTUDIANTE**

Manejo de software:

- Autodesk Inventor Pro
- Vault Professional
- AutoCAD
- Microsoft Office