

DISEÑO DE UNA MÁQUINA HINCADORA DE PILOTES PARA LA EMPRESA
DISEPIL S.A.S.

ANDERSSON FABIAN QUIMBAYO OJEDA
MATEO ERLEY VARGAS ALVAREZ

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2.019

DISEÑO DE UNA MÁQUINA HINCADORA DE PILOTES PARA LA EMPRESA
DISEPIL S.A.S.

ANDERSSON FABIAN QUIMBAYO OJEDA
MATEO ERLEY VARGAS ALVAREZ

Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERA MECÁNICA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C.
2.019

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado
Ing. Alvaro Romero Suárez

Jurado 1
Ing. Scherazada Calderón

Jurado 2
Ing. Carlos Mendoza

Bogotá, D.C. 06 febrero, 2.019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. Julio César Fuentes Arismendi

Director Programa ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

La responsabilidad de los conceptos emitidos en este documento recae directamente sobre sus autores.

A nuestros padres, Henry Quimbayo y Janet Ojeda, Wilson Vargas y Francy Alvarez, por su apoyo y amor incondicional. A Dios por su guía y protección.

Agradecemos a Dios por su protección durante todo el periodo académico; a nuestras familias, en especial a nuestros padres, porque siempre creyeron en nuestras capacidades para salir adelante y nos guiaron por el camino indicado, nos ayudaron a tomar decisiones y estuvieron con nosotros en los triunfos y las derrotas; a nuestros compañeros de clase con los que conformé equipos de trabajo para el desarrollo de mi carrera profesional; y al ingeniero Álvaro Romero Suárez, fue nuestro orientador y además nos instruyó para nuestra formación profesional y humana.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. LA EMPRESA	18
1.1 HISTORIA	18
1.2 MISIÓN	18
1.3 VISIÓN	18
1.4 ADMINISTRATIVO	18
1.5 PRINCIPIO DE HINCADO DE PILOTES	18
1.6 CIMENTACIONES POR PILOTES HINCADOS POR EMPUJE	19
1.7 DEFINICIÓN DE PILOTES	20
1.8 TIPOS DE PILOTES	20
1.9 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO	20
1.10 DATOS DE SECCIONES DE CONCRETO PARA PILOTAJE	22
1.11 CLASIFICACIÓN DE LOS PILOTES	22
2. CONCEPTUALIZACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN	23
2.1 CONDICIONES DE DISEÑO	23
2.2 PARAMETRIZACIÓN	23
3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	26
3.1 ALTERNATIVA 1	26
3.2 ALTERNATIVA 2	28
3.3 ALTERNATIVA 3	29
3.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	29
3.5 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ALTERNATIVA 31	
4. DISEÑO DETALLADO	32
4.1 CÁLCULO DE LA VIGA	33
4.1.1 Distribución de cargas	33
4.2 CALCULO DEL PASADOR	44
4.3 CALCULO DE LA COLUMNA	49
4.4 CALCULO TRANSMISIÓN DE POTENCIA	56
4.4.1 Selección del perfil de la cadena	56
4.4.2 Selección del motorreductor	58
4.4.3 Diseño del eje de transmisión	58
4.5 CALCULO DE LA PLACA SUPERIOR	71
4.5.1 Distribución de cargas	71
4.6 SOLDADURA	78
4.7 PERNOS	80
4.8 SELECCIÓN DE LA CUÑA	83
4.9 SELECCIÓN DE MORDAZA	83

5. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS	83
6. MANUALES	86
6.1 MANUAL DE MONTAJE DE LOS COMPONENTES	86
6.1.1 Instalación estructura	86
6.1.2 Montaje viga de elevación	87
6.2 MANUAL DE ENSAMBLE	90
6.2.1 Instalación motorreductor	90
7. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL	95
8. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO	98
8.1 INVERSIÓN INICIAL	98
8.2 INVERSIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO	98
8.3 INVERSIÓN EN FUNGIBLES	99
8.4 INVERSIÓN OTROS GASTOS	99
8.5 TOTAL INVERSIÓN INICIAL	99
8.6 INVERSIÓN DE FABRICACIÓN	100
8.7 EVALUACIÓN DE INVERSIÓN FINANCIERA	101
9. CONCLUSIONES	104
10. RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	109

LISTA DE ESQUEMAS

	pág.
Esquema 1. Máquina actual	26
Esquema 2. Plataforma elevadora	27
Esquema 3. Cilindros hidráulicos	28
Esquema 4. Sistema de cadenas	29
Esquema 5. Sistemas de la hincadora	32
Esquema 6. Fuerzas ejercidas	34
Esquema 7. Operación de la máquina	50
Esquema 8. Dimensiones de la máquina posición inicial	51
Esquema 9. Eje propuesto	59
Esquema 10. Eje	60
Esquema 11. Diagrama de fuerzas	60

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Estratificación de suelos	23
Cuadro 2. Características del pilote	24
Cuadro 3. Atributos y ponderación	29
Cuadro 4. Método multicriterio	20
Cuadro 5. Criterios a evaluar para elevación de la viga	30
Cuadro 6. Selección de alternativas para el izaje de cargas	31
Cuadro 7. Criterios de Lepold modificada	95
Cuadro 8. Impactos ambientales	96
Cuadro 9. Análisis ambiental	96
Cuadro 10. Talento humano	98
Cuadro 11. Maquinaria y equipo	98
Cuadro 12. Fungibles	99
Cuadro 13. Otros gastos	99
Cuadro 14. Total, inversión inicial	99
Cuadro 15. Componentes de la máquina	100
Cuadro 16. Costos del proyecto	101
Cuadro 17. Costos del proyecto y frecuencia de inversión	102
Cuadro 18. Depreciación 6 meses	102

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Martinete	19
Imagen 2. Pilotes en sitio	20
Imagen 3. Máquina hincadora actual	21
Imagen 4. Dado de cimentación	21
Imagen 5. Catálogo de Empujadores hidráulicos GERDAU	25
Imagen 6. Plataforma elevadora	27
Imagen 7. Cilindro Hidráulico	28
Imagen 8. Diagrama de reacción sobre la viga	34
Imagen 9. Diagrama de cuerpo libre	35
Imagen 10. Diagrama de Fuerzas	35
Imagen 11. Diagrama de fuerzas	36
Imagen 12. Diagrama fuerza cortante	37
Imagen 13. Momento máximo	37
Imagen 14. Perfil en H	38
Imagen 15. Propiedades de perfil en H	39
Imagen 15. Propiedades de perfil en H	41
Imagen 17. Propiedades acero ASTM A 572 grado 50	43
Imagen 18. Diagrama cuerpo libre pasador	44
Imagen 19. Propiedades acero 1020	44
Imagen 20. Vistas frontal y perfil viga pasador	45
Imagen 21. Tabla normalizada	45
Imagen 22. Círculo de Mohr (caso general)	47
Imagen 23. Pasador 3D	49
Imagen 24. Dimensiones perfil UPE	52
Imagen 25. Propiedades perfil UPE	52
Imagen 26. Elementos cargados axialmente	53
Imagen 27. Diagrama de equilibrio columna	53
Imagen 28. Propiedades cadenas	57
Imagen 29. Propiedades piñones	57
Imagen 30. Catalogo Motorreductores	58
Imagen 31. Perfil motorreductor engranes helicoidales	59
Imagen 32. Dimensiones motorreductor	59
Imagen 33. Diagrama de fuerzas	61
Imagen 34. Diagrama de momento	61
Imagen 35. Círculo de Mohr (caso general)	63
Imagen 36. Propiedades SAE 1006	65
Imagen 37. Factor de modificación por la condición superficial	67
Imagen 38. Factor de modificación por el tamaño	67
Imagen 39. Factor de modificación por la carga	68
Imagen 40. Nota aclaratoria factor de temperatura ambiente	68
Imagen 41. Factor de confiabilidad	68

Imagen 42. Factor Fatiga	70
Imagen 43. Factor torsión	70
Imagen 44. Diagrama de cuerpo libre placa	71
Imagen 45. Diagrama de fuerzas cortante	72
Imagen 46. Diagrama de fuerzas	73
Imagen 47. Diagrama de momento flector	73
Imagen 48. Círculo de Mohr (caso general)	75
Imagen 49. Propiedades acero 1020	77
Imagen 50. Propiedades mínimas del metal	78
Imagen 51. Coeficientes de soldadura	78
Imagen 52. Propiedades acero ASTM A 572 grado 50	79
Imagen 52. Distancia entre pernos	80
Imagen 54. Diagrama de cuerpo libre	80
Imagen 55. Área de esfuerzo a la tensión	82
Imagen 56. Resistencia de prueba mínima	82
Imagen 57. Tamaño de la cuña en función del diámetro	83
Imagen 58. Mordaza	84
Imagen 59. Propiedades de la mordaza	84
Imagen 60. Análisis de elementos finitos Viga de elevación	85
Imagen 61. Desplazamiento nodal viga de elevación	86
Imagen 62. Deflexiones máximas permitidas	87
Imagen 63. Anclaje estructura	89
Imagen 64. Montaje viga	89
Imagen 65. Montaje viga	90
Imagen 66. Sujeción de mordazas	90
Imagen 67. Mordazas de sujeción	91
Imagen 68. Ensamble del empujador	91
Imagen 69. Montaje final	92
Imagen 70. Ajuste del eje	92
Imagen 71. Montaje de piñones	93
Imagen 72. Montaje de anillos	93
Imagen 73. Fijación de anillos	94
Imagen 74. Chumaceras	94
Imagen 75. Motorreductor ensamblado	95
Imagen 76. Fijación en placa superior	95
Imagen 77. Unión de cadena	96
Imagen 78. Elemento de seguridad	96

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Catalogo enerpac	107
Anexo B. Perfil	111
Anexo C. Propiedades astm 572 grado 50	113
Anexo D. Propiedades acero 1020	115
Anexo E. Catalogo barras macizas	117
Anexo F. Perfil UPE	119
Anexo G. Perfil cadenas	121
Anexo H. Perfil piñon	123
Anexo I. Catalogo chumacera	125
Anexo J. Catalogo ramfe motorreductor	126
Anexo K. Propiedades acero 1006	130
Anexo L. Cotizaciones	132
Anexo M. Planos	

RESUMEN

Para desarrollar el presente proyecto de grado fue necesario conocer y analizar detalladamente las necesidades de la empresa DISEPIL S.A.S. en cuanto al sistema y maquinaria hincado de pilotes que utiliza. De esta forma se pudo establecer cuáles eran los problemas que presentaba en el proceso y cuál sería la posible solución. Conociendo estos aspectos, se procedió a investigar y analizar los tipos de máquinas hincadoras y si se debiesen hacer algunas modificaciones para ajustarse a las necesidades específicas de la empresa DISEPIL S.A.S.

Ejecutada esta primera etapa, se pudo definir con precisión los sistemas que componen esta máquina el cual tiene un sistema estructural, un sistema hidráulico que consta empujador hidráulico, un sistema de soporte y empuje del cilindro hidráulico la cual es maciza en donde va anclado el gato hidráulico y un sistema de elevación de la placa. De la misma forma se escogió el sistema de elevación de la placa como punto de partida para plantear las alternativas de diseño.

Posteriormente se cuantificó el espacio disponible en donde se instalaría la máquina. Estos datos sirvieron para el diseño de la misma y la selección de los materiales que existen en el mercado, a través de un software se analizó las cargas a las cuales se sometieron y el funcionamiento general de la máquina.

Para finalizar se hicieron los manuales de instalación, mantenimiento, operación, seguridad e impacto ambiental en la operación además de desarrollar la evaluación ambiental y financiera.

Palabras claves: Diseño, hincadora y pilotes

INTRODUCCIÓN

La *importancia* de este proyecto radica en que la hincadora de pilotes fue construida sin cálculos de ingeniería y está sobre diseñada, lo cual genera una estructura que no soporte algunas cargas y esto lleva a que no contemplen la seguridad y ergonomía de las personas.

Debido a las diferentes fallas que presenta un terreno se da *origen* al hincado de pilotes, con el fin de corregir y reforzar las bases de cimentación.

Por tal razón la empresa requiere una solución a los problemas de peso y seguridad del personal, desarrollando un diseño confiable, seguro y fácil de transportar siendo así el *objetivo* general de este proyecto: “Diseño de una máquina hincadora de pilotes para la empresa DISEPIL S.A.S.”

Para alcanzar el objetivo general se definieron los siguientes objetivos específicos;

- Evaluar el estado actual de máquinas para hincar pilotes
- Seleccionar la alternativa de elevación y nivelación del empujador hidráulico
- Desarrollar el diseño detallado de la máquina
- Evaluar mediante el método de elementos finitos la placa de elevación
- Realizar los planos de ubicación, fabricación de elementos, ensamble y montaje
- Elaborar manuales de montaje, operación y mantenimiento
- Realizar el análisis ambiental en la operación de la máquina
- Elaborar la evaluación financiera

El *alcance* del proyecto tiene como finalidad dar a conocer a la empresa una alternativa para el diseño de una máquina hincadora de pilotes para secciones de concreto reforzado de dimensiones 1mx20x20 o 1mx25x25. La implementación de esta propuesta será decisión de la empresa. De esta forma, se estableció como *limitación* que sólo se realizará la entrega del documento académico con las características ya mencionadas, el diseño no contempla el empujador hidráulico ya que se realizará el diseño de una máquina la cual soporte un máximo de 50 toneladas de presión el cual es el utilizado por la empresa.

La *metodología* que se utilizó en el proyecto está en los objetivos específicos que se desarrollan para responder las dudas durante la ejecución de este y cumplir con los requerimientos. Se realizó el respectivo cronograma de trabajo el cual permite establecer el tiempo necesario para el cumplimiento de los diferentes objetivos mencionados anteriormente.

1. LA EMPRESA

1.1 HISTORIA

DISEÑOS Y PILOTAJES DISEPIL S.A.S, es una empresa con una trayectoria de más de 20 años en el ramo de la construcción con énfasis en soluciones de cimentación y reforzamiento estructural.

1.2 MISIÓN

Poner al servicio de nuestros clientes todos los recursos para responder a sus necesidades y contribuir al desarrollo e innovación de la construcción y mejoramiento de la infraestructura de esta.

1.3 VISIÓN

Ser una empresa con un reconocimiento dentro de la actividad de la construcción nacional, la que ha desarrollado unos parámetros propios en el marco de la eficacia y la eficiencia; perfilándose cada día como una organización poseedora de herramientas modernas en función de la construcción.

1.4 ADMINISTRATIVO

La empresa cuenta con una jerarquía compuesta por un Gerente, Subgerente, Asistente general, Director de obras, Jefe de planta, Residentes de obra, Operarios y ayudantes.¹

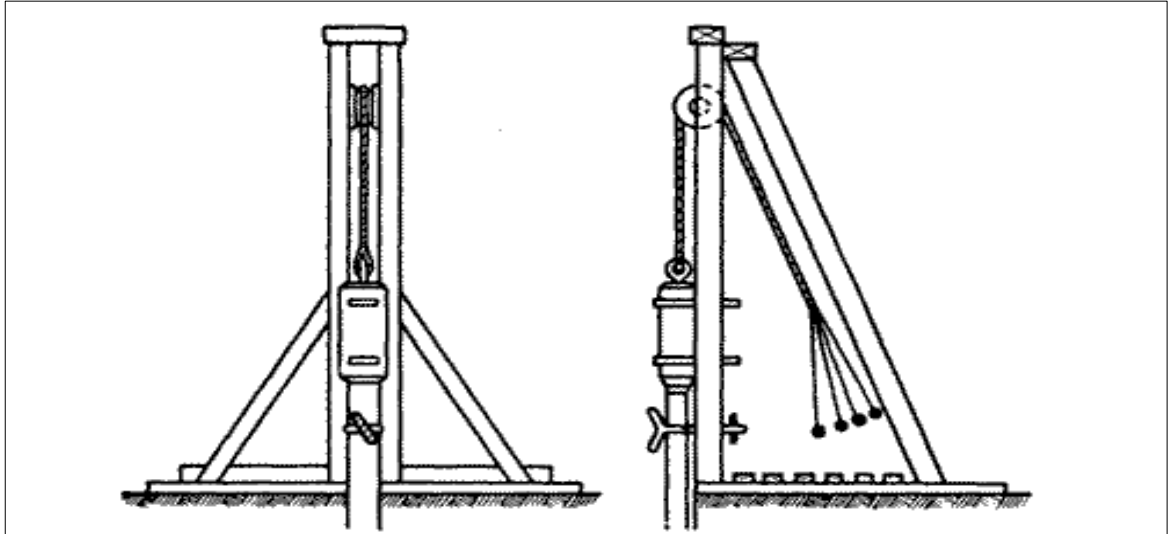
1.5 PRINCIPIO DE HINCADO DE PILOTES

El hincado de pilotes es la forma más común para cimentar cualquier tipo de estructura, la ejecución es mecanizada y efectiva. En la actualidad existen varias técnicas y muchas soluciones las cuales están basadas en un principio y se adecuan de manera independiente generando máquinas sin diseños y cálculos previos para el hincado de pilotes.

Una máquina del siglo XVII de la casa Franki. Se ha tomado como referencia para el principio de hincado de pilotes.

¹ DISEPIL S.A.S. Nosotros. [Consultado el Feb 9,2018]. Disponible en: http://www.dicepil.co/index.html

Imagen 1. Martinete



Fuente: EL CONSTRUCTOR CIVIL. Maquinaria para la hinca de pilotes. [en línea]. Recuperado de: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/03/maquinaria-para-la-hincha-de-pilotes.html> (Citado el 06 de Febrero 2019)

El martinete² es un aparato de madera cuya misión es hacer subir y bajar un peso el cual golpea la cabeza del pilote el cual va penetrando en el terreno

Hay muchos tipos de martinetes. El mostrado en imagen 1 es accionado mediante cuerdas de las que hala el obrero para que se eleve la maza, y luego soltarlas por su propio peso golpea la cabeza del pilote.

Como es natural existen muchos modelos, pero para determinar el más conveniente hay que considerar las características del terreno y la relación entre peso del mazo y del pilote. Como regla general se estima que el mazo debe tener la suficiente energía para sobreponerse a la inercia del pilote, la fricción peculiar y resistencia elástica y el suficiente peso para que, durante el impacto, se reduzca al mínimo la inevitable pérdida de energía.

1.6 CIMENTACIONES POR PILOTES HINCADOS POR EMPUJE

Se definen como cimentaciones por pilotes hincados por empuje hidráulico, las que son realizadas mediante hincas en el terreno, por empuje sobre su cara superior sin rotación de pilotes de concreto reforzado.

También se conoce el hincado por percusión y por vibración, este ya depende de las preferencias del contratista, ya que los tres métodos tienen la misma finalidad y cumplen el objetivo.

² Constructor civil. Maquinaria Para La Hincha De Pilotes. 2011.

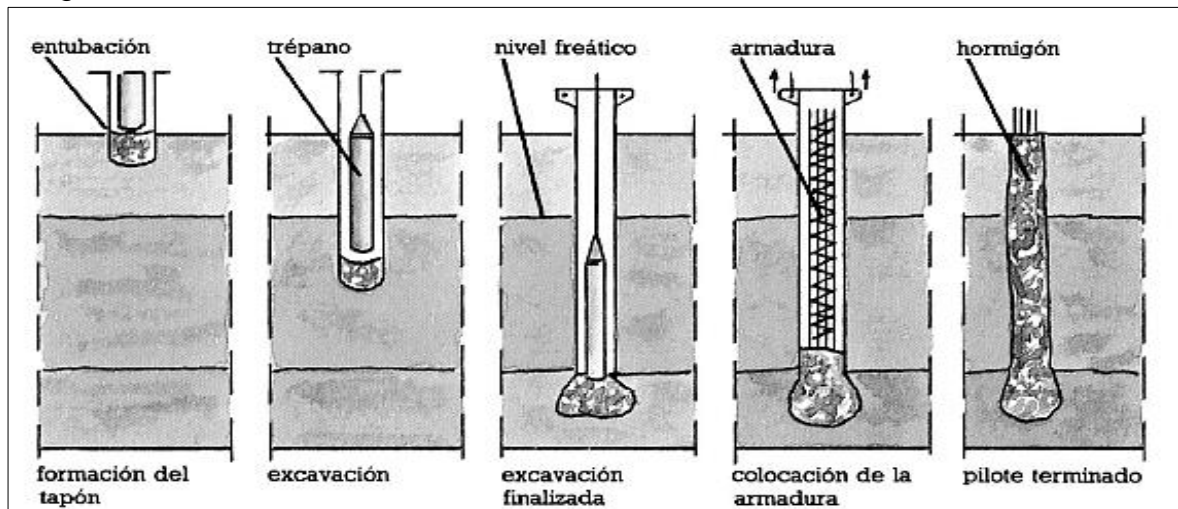
1.7 DEFINICIÓN DE PILOTES

Se denomina pilote a un elemento constructivo utilizado para cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas.

1.8 TIPOS DE PILOTES

- Pilotes en sitio: son los ejecutados perforando previamente el terreno y rellenando la excavación con cemento fresco y con sus correspondientes armaduras

Imagen 2. Pilotes en sitio



Fuente: MAQUINARIA CIMENTACIONES. Pilotes. [en línea]. Recuperado de: <https://maquinariacimentaciones.wordpress.com/category/pilotes/> (Citado el 06 de febrero 2019)

- Pilotes prefabricados: este tipo de pilotes son los conocidos como pilotes de desplazamiento, ya que en su ejecución no se extrae el terreno donde va a ser el trabajo, sino que se ejecuta mediante los diferentes tipos de hincados conocidos

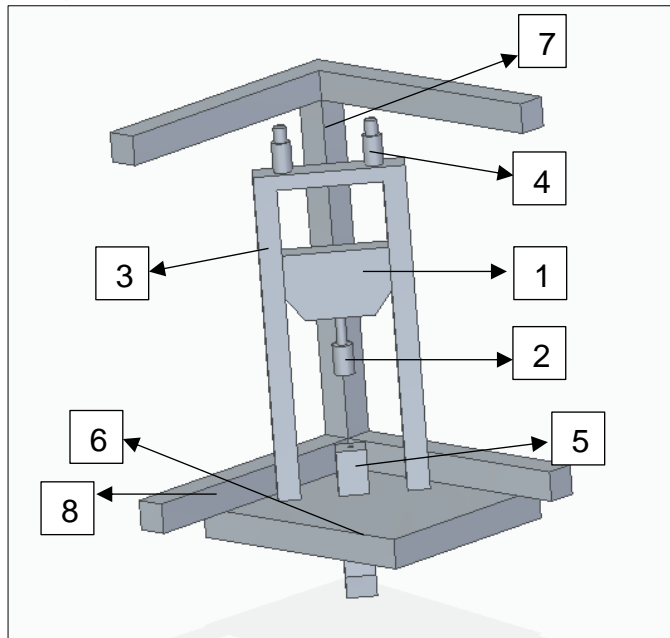
1.9 SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

La empresa cuenta con una máquina hincadora de pilotes para secciones transversales de 0,15 hasta 0,40 m y longitudes de 1 m, con una capacidad de hincamiento total de 30 m de profundidad.

La máquina está conformada por una estructura metálica, que posee una viga IP transversal, cuya función es ser un soporte fijo donde va anclado el sistema hidráulico utilizado para el empuje de las secciones de concreto reforzado.

La empresa realiza trabajos de reforzamiento estructural, para ello el trabajo se realiza entre pisos realizando un agujero a unos 50 cm de la zapata esto da lugar a que el ancho de la máquina este restringido a un máximo de 1 m como se muestra en la imagen 3; posteriormente de hincar los pilotes se realiza un enmallado con hierro y se funde en concreto para amarrar la zapata con los pilotes (imagen 4) formando un dado de cimentación.

Imagen 3. Máquina hincadora actual



- Viga IP (1)
- Empujador hidráulico (2)
- Estructura (3)
- Tornillos de reacción (4)
- Pilote (5)
- Zapata (6)
- Columna (7)
- Vigas de cimentación (8)

Fuente: Elaboración propia

Imagen 4. Dado de cimentación



Fuente: CONSTRUCCIÓN EN ACERO. Fundiciones II. [en línea]. Recuperado de: <http://www.construccionenacero.com/blog/ndeg-36-fundaciones-ii-consideraciones-estructurales-parte-4cabezales-para-pilotes> (Citado el 06 de febrero 2019)

El sistema hidráulico posee una bomba que suministra a un empujador hidráulico el cual tiene una carrera de embolo máxima de 14 cm, que genera la fuerza de empuje sobre la cabeza del pilote, teniendo en cuenta el poco recorrido de este, se tienen unas extensiones en acero, cuya función es completar el recorrido de la sección de concreto para que este logre hincar en su totalidad y quedar a ras de piso para dar paso a la siguiente sección.

Para el anclaje de la máquina la empresa cuenta con unos pernos de sujeción entre la parte superior de la estructura y la viga cinturón superior (imagen 3) esto es posible ya que antes de realizar el trabajo se solicitan estudios previos para corroborar la capacidad de soportar fuerzas de la viga para asegurar que las fuerzas ejercidas por la máquina no efectuarán daños a la viga.

1.10 DATOS DE SECCIONES DE CONCRETO PARA PILOTAJE

Los materiales que se utilicen para la fabricación de los pilotes deberán cumplir con las siguientes especificaciones;

- Para el concreto, en el Artículo 630 “Concreto Estructural”
- Para el acero de las armaduras, en el Artículo 640 “Acero de refuerzo”
- Para el acero estructural para puntas, en el Artículo 650 “Estructuras de Acero”

1.11 CLASIFICACIÓN DE LOS PILOTES

- Por la forma de transmitir la carga al terreno: se consideran flotantes o de rozamiento, su transmisión es a lo largo del pilote al suelo deformable
- Por la forma de puesta en obra con respecto al terreno: se clasifica como pilote de extracción – desplazamiento. Se excava previamente un volumen de suelo inferior al que ocupara el pilote terminado. Se hace para reducir el costo de hincado en un terreno medio
- Por el lugar de fabricación y la forma de ejecución: este es prefabricado. En este caso se transporta desde una planta de fabricación y se hincan por percusión, por presión o vibración, mediante gatos hidráulicos, roscados al terreno o, se instalan en perforaciones previamente perforadas
- Según el material: metálicos. Aprovecha perfiles laminados. Poseen velocidad de oxidación lenta

2. CONCEPTUALIZACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN

Entender el proceso de hincamiento es muy importante, puesto que permite el desarrollo de la ingeniería de detalle, con el fin de obtener un proceso seguro para los operarios y de fácil transporte. En la actualidad en el proceso de hincado de pilotes no se cuenta con una máquina que cuente con todos los requisitos de ingeniería, están sobre diseñadas y no ofrece confiabilidad, debido a esto se busca el diseño de una máquina capaz de hincar el pilote en su totalidad sin la necesidad de utilizar suplementos.

2.1 CONDICIONES DE DISEÑO

DISEPIL S.A.S requiere una serie de condiciones y características técnicas para el desarrollo del diseño de la máquina hincadora de pilotes.

- Se requiere una máquina que sea liviana para su fácil transporte dentro del lugar de trabajo
- El sistema de elevación de la viga debe ser automatizado para su fácil operación
- La máquina debe ser de fácil instalación y manipulación, para facilitar la interacción con el operario

2.2 PARAMETRIZACIÓN

DISEPIL S.A.S en el proceso de reforzamiento estructural mediante el hincado de pilotes se ha encontrado con diferentes estratificaciones de suelos en la zona de Bogotá, donde se encuentra que las propiedades y características de los suelos son arcillas arenosas. Estos estudios de suelos son previamente otorgados a DISEPIL S.A.S por el contratista como se muestra a continuación;

Cuadro1. Estratificación de suelos

ESTRATO (m)	DESCRIPCIÓN	COLOR	HUMEDAD	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
0,0 - 0,70	Limo negro orgánicos y claros		Baja	0,35
0,70 - 1,80	Limo negro a gris con oxidaciones		Media	0.42
1,80 - 2,90	Arcilla habana		Alta	0,50
2,90 - 7,0	Arcillas grises de consistencia baja y plasticidad alta		Alta	0,70

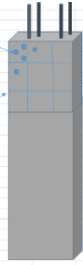
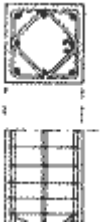
Cuadro 1. (Continuación)

ESTRATO (m)	DESCRIPCIÓN	COLOR	HUMEDAD	RESISTENCIA (Kg/cm ²)
7,0 - 18,0	Arcillas grises claras limosas de consistencia baja		Alta	0,61
18,0 - 30	Limos arcillosos verdosos de consistencia baja		Media	0,30

Fuente: RUIZ ANGARITA, Jose. Estudio de suelos y cimentaciones para construcción de un edificio de cinco pisos y sótano en la calle 134A No. 19-15 al norte de la ciudad de Bogotá D.C. 2016. p. 13-14

Dado que en Bogotá se encuentran distintas estratificaciones DISEPIL S.A.S realiza la fabricación de pilotes con una capacidad portante de 1.400 kg/m y un área superficial de 25*25 cm.

Cuadro 2. Características del pilote

Pilote	Dimensiones del pilote	Armadura del pilote	Características de la canasta de pilote	Capacidad portante
	El pilote tiene una sección cuadrada de 25x25cm y una altura de 1m		La armadura del pilote es fabricada con acero estructural el cual es un acero A36, este está construido con 4 varillas de 3/8 in, y 8 flejes transversales con varillas de 1/2 in unidas por medio de soldadura y amarres los cuales tienen una distancia de separación de 0,125 m	1,4 ton/m

“Fuente: Elaboración propia”

$$\text{Res} = \frac{1400 \text{ Kg}}{25*25 \text{ cm}} = 2,24 \text{ kg/cm}^2$$

Ya que el pilote ofrece una resistencia de 2,24 Kg/cm² da como resultado que hay que generar una mayor fuerza para hincar el pilote que para romper la inercia del suelo.

DISEPIL realiza trabajos de hincado a una profundidad máxima de 30m lo que permite que la que la fuerza de hincado sea la siguiente:

$$F=1.4 \frac{\text{ton}}{\text{m}} * 30\text{m} = 42 \text{ ton}$$

Para lograr la fuerza de hincando DISEPIL hinca los pilotes mediante un empujador hidráulico, a continuación, se muestra la imagen 5 con las diferentes capacidades de los empujadores hidráulicos;

Imagen 5. Catálogo de Empujadores hidráulicos GERDAU

Capacidad del cilindro toneladas (máxima)	Carrera (pulg)	Número de modelo	Área efectiva del cilindro (pulg ²)	Volumen de aceite (pulg ³)	Altura retraído (pulg)	Peso (libras)
30 (32.4)	8.25	RC-308	6.49	53.56	15.25	40.0
50 (55.2)	2.00	RC-502	11.04	22.09	6.94	33.0
	4.00	RC-504	11.04	44.18	8.94	42.0
	6.25	RC-506*	11.04	69.03	11.13	51.0
	13.25	RC-5013	11.04	146.34	18.13	83.0
75 (79.5)	6.13	RC-756	15.90	97.41	11.25	65.0
	13.13	RC-7513	15.90	208.74	19.38	130.0
100 (103.1)	6.63	RC-1006	20.63	136.67	14.06	130.0
	10.25	RC-10010	20.63	211.45	17.69	160.0

Fuente: GRUPO PEGAMO. Catálogo Enerpac. [en línea]. Recuperado de: <https://doc.pegamo.es/www/Marcas/Doc/DDF004EF7E4F406BA42B6312886C8CF9.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

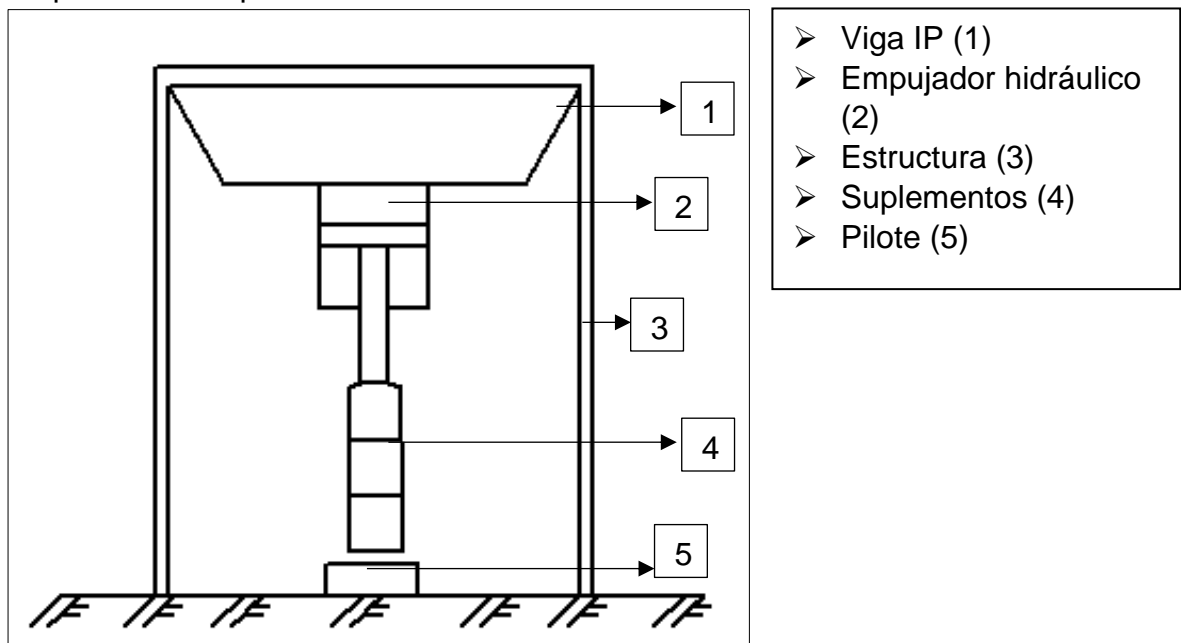
El empujador hidráulico utilizado por la empresa tiene una capacidad de 50 toneladas y un peso de 41,5 kg ya que este es el que más se aproxima a la fuerza requerida para alcanzar la profundidad de hincado y es seleccionado por su desplazamiento del embolo de 13,25 in permitiendo que el pilote sea hincado en menor tiempo en comparación con las demás referencias mostradas.

3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

El proceso de hincamiento actual que utiliza DISEPIL S.A.S. se realiza apoyando el empujador hidráulico sobre el pilote, el embolo realiza la fuerza sobre la viga para penetrar el pilote sobre la tierra, ya que la carrera del embolo no es lo suficiente lograr hincar el pilote en su totalidad se utilizan algunos suplementos (4) para complementar esta carrera.

Para la selección del elevador se evaluaron algunas alternativas con el objetivo de eliminar los suplementos (4) usados para completar la carrera del empujador hidráulico, necesaria para que el pilote quede a ras de piso.

Esquema 1. Máquina actual

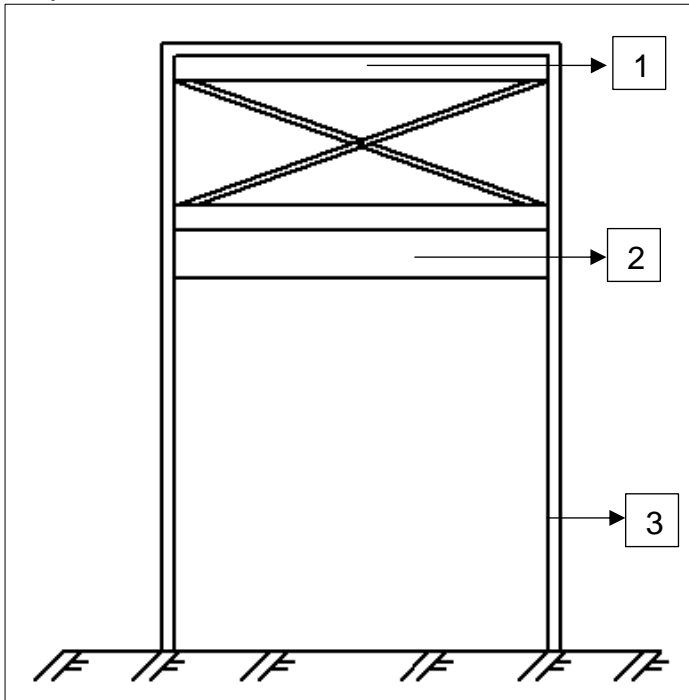


Fuente: Elaboración propia

3.1 ALTERNATIVA 1

La primera alternativa es una plataforma elevadora, que cuenta con una estructura extensible de tipo tijera la cual se ancla por medio de pernos a la viga y a la parte superior de la estructura permitiendo que la viga alcance diferentes alturas

Esquema 2. Plataforma elevadora



- Plataforma elevadora (1)
- Viga de elevación (2)
- Estructura (3)

“Fuente: Elaboración propia “

Imagen 6. Plataforma elevadora

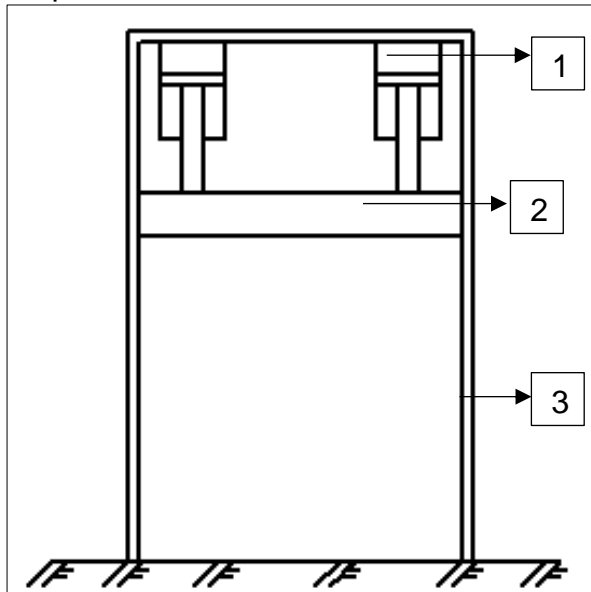


Fuente: MECALUX. Plataforma elevadora de tijera. [en línea]. Recuperado de: <https://www.logismarket.es/lag%20enfoer/plataforma-elevadora-de-tijera%20/1158176224-9464833-p.html> (Citado 06 de febrero 2019)

3.2 ALTERNATIVA 2

La segunda alternativa es el sistema de elevación hidráulica mediante el uso de cilindros, es recomendable el uso de al menos 2 de estos cilindros para asegurar la nivelación de la viga.

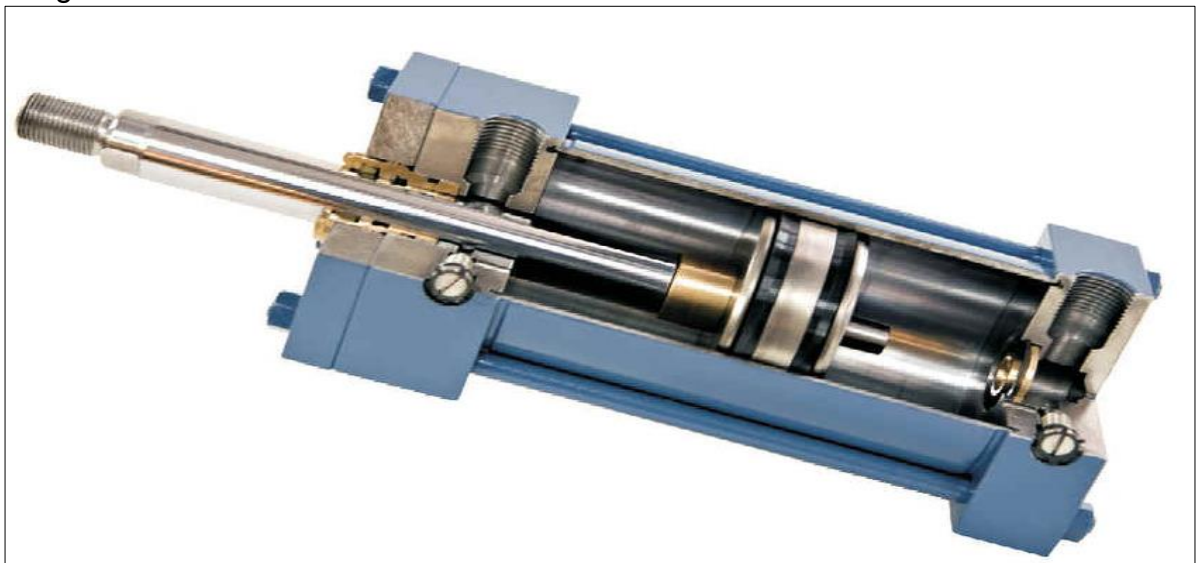
Esquema 3. Cilindros hidráulicos



- Cilindros hidráulicos (1)
- Viga de elevación (2)
- Estructura (3)

Fuente: Elaboración propia

Imagen 7. Cilindro Hidráulico

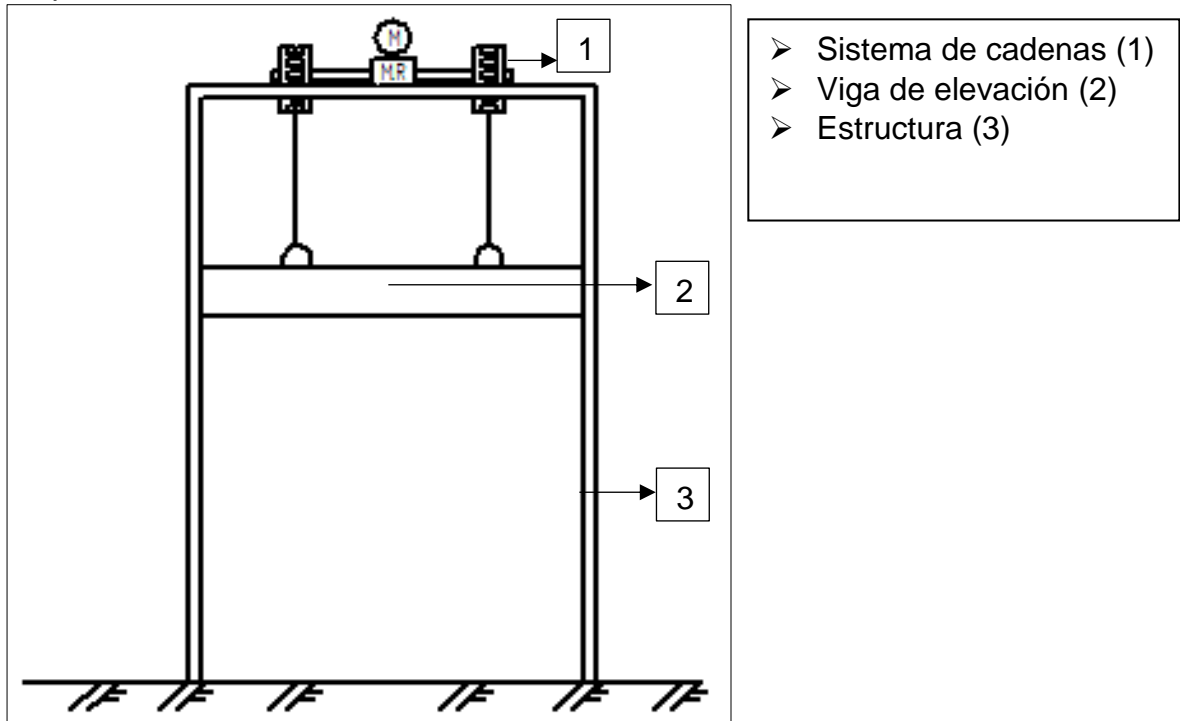


Fuente: PEÑAMERCADO. Fabricación y reparación de cilindros hidráulicos. [en línea]. Recuperado de: <http://www.xn--peamercado-u9a.cl/tienda/servicios/otros-servicios/fabricacion-y-reparacion-de-cilindros-hidraulicos/> (Citado 06 de febrero 2019)

3.3 ALTERNATIVA 3

La tercera alternativa es el uso de un sistema de cadenas, el cual será impulsado por motorreductor de ejes ortogonales.

Esquema 4. Sistema de cadenas



Fuente: Elaboración propia

3.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En la selección para la elevación de la viga se tendrán en cuenta con atributos, elaborados por el Gerente de la empresa que a continuación se enumeran;

Cuadro 3. Atributos y ponderación

Atributos	Ponderación
Menor costo	5
Menor cantidad de componentes	4
Facilidad de operación	4

Fuente: Elaboración propia

Se realizará la selección del sistema para izaje de cargas de acuerdo con el método de multicriterio para el beneficio del proyecto evaluando las alternativas con el fin de seleccionar el más eficiente y viable, a continuación, se presentarán los criterios a evaluar;

Cuadro 4. Método multicriterio

CALIFICACIÓN	VALOR
Innecesario	1
Poco importante	2
Importante	3
Muy importante	4
Indispensable	5

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Criterios a evaluar para elevación de la viga

Criterios a evaluar	Definición	Importancia
Menor Costo	A menor costo sea el sistema de elevación tendrá una mayor favorabilidad.	3
Menor cantidad de componentes	Se determina por los elementos mecánicos que componga las alternativas.	5
Facilidad de operación	Facilidad de operación en el momento de colocar en marcha el mecanismo de elevación.	5

Fuente: Elaboración propia

En la evaluación de criterios se definieron valores y se dará una calificación, el sistema con mayor puntaje será seleccionado para el desarrollo del proyecto.

La selección por el método multicriterio determinará la mejor opción para el izaje de cargas para la máquina.

Cuadro 6. Selección de alternativas para el izaje de cargas

Criterios	Valor ponderado	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Menor costo	3	3	9	3	9	5	15
Menor cantidad de componentes	5	3	15	3	15	5	25
Facilidad de operación	5	3	15	3	15	5	25
Total			39		39		65

Fuente: Elaboración propia

3.5 CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ALTERNATIVA

Después de hacer el análisis a la tabla de los resultados donde se evaluaron todas las alternativas, se concluyó que el sistema de cadenas es el más adecuado ya que éste es de fácil mantenimiento por la menor cantidad de componentes. Otro de los beneficios es la facilidad de operación ya que el sistema tiene una parte de la ejecución de izaje de la viga.

El sistema de cadenas estará sujeto a la viga de elevación y a un par de engranes los cuales serán accionados por medio del motorreductor alcanzando las diferentes alturas que se requieran. Al momento de descender la viga y el empujador hidráulico estar en contacto con el pilote las cadenas dejaran de estar en tensión, para impedir el desplazamiento vertical de la viga se opta por utilizar unos pasadores los cuales actuaran como apoyo fijo en los extremos de la viga y su izaje se realizará recogiendo las cadenas por medio del motorreductor.

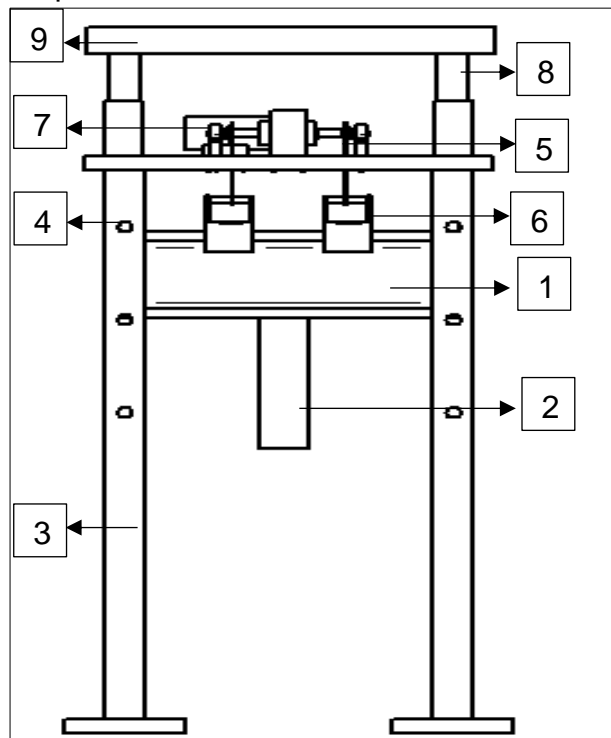
4. DISEÑO DETALLADO

Para el diseño de la máquina hincadora de pilotes se tuvo en cuenta las necesidades de la empresa, es decir, en cuanto a la profundidad de hincado de los pilotes, espacio de trabajo y facilidad de operación. Por otra parte, el sistema de elevación debía ser automatizado.

A continuación, los requerimientos se describen en más detalle;

- Control. El sistema de elevación de la viga se definió por medio de un sistema de cadenas en conjunto de un motor eléctrico con un motorreductor
- Profundidad. Como la empresa realiza trabajos a diferentes profundidades, el objetivo de la máquina es hincar las secciones para reforzamiento estructural de 30m
- Área de trabajo. La máquina debe adaptarse a espacios confinados, donde el espacio de operación oscila entre 1,7 m de ancho y 2,3 m de altura
- Operación. En el momento de colocar en funcionamiento la máquina debe facilitar la operación de su proceso, mejorando el rendimiento y los tiempos de hincado lineal.

Esquema 5. Sistemas de la hincadora



- Viga de elevación (1)
- Empujador hidráulico (2)
- Estructura (3)
- Pasadores (4)
- Transmisión de movimiento (5)
- Mordazas (6)
- Eje de transmisión (7)
- Tornillos de reacción (8)
- Viga Estructural (9)

Fuente: Elaboración propia

En el esquema 5. se muestran cada uno de los sistemas que tiene la máquina hincadora. A continuación, se describen;

- Estructura. La estructura debe soportar las diferentes cargas a la cual está sometida, en la cual estará acoplado el sistema de cadena
- Viga de elevación. Esta debe soportar las cargas ejercidas por el empujador hidráulico estando sometida a flexión
- Empujador hidráulico. Este va anclado a la viga de forma vertical he invertido ejerciendo la fuerza máxima de 50 toneladas para el hincado de pilotes
- Sistema hidráulico. La bomba de alimentación que suministra al empujador hidráulico
- Transmisión de movimiento. Va sujeto a la viga de elevación permitiendo que está cambie de posición verticalmente para complementar la carrera del empujador hidráulico

4.1 CÁLCULO DE LA VIGA

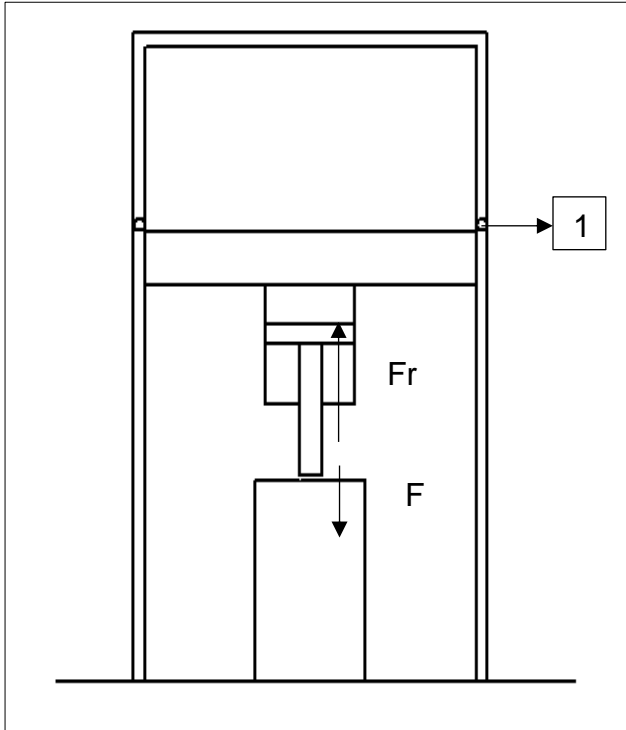
A continuación, se desarrolla el cálculo de la viga de elevación para la hincadora.

Basándose en el método de equilibrio y diagramas de cuerpo libre de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-1 se realiza el cálculo de la viga de nivelación como se muestra a continuación.

4.1.1 Distribución de cargas. Se usa el método de equilibrio y diagramas de cuerpo libre, teniendo en cuenta los siguientes pasos;

- Realizar el diagrama de cuerpo libre de la viga, definiendo los puntos donde se encuentran las fuerzas y reacciones generadas por el empujador hidráulico;

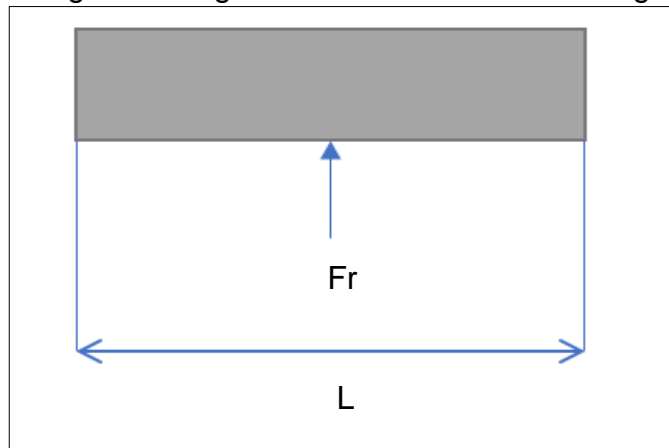
Esquema 6. Fuerzas ejercidas



- Fuerza ejercida por el empujador hidráulico (F)
- Fuerza de reacción (Fr)
- Pasadores (1) apoyo fijo

Fuente: Elaboración propia

Imagen 8. Diagrama de reacción sobre la viga



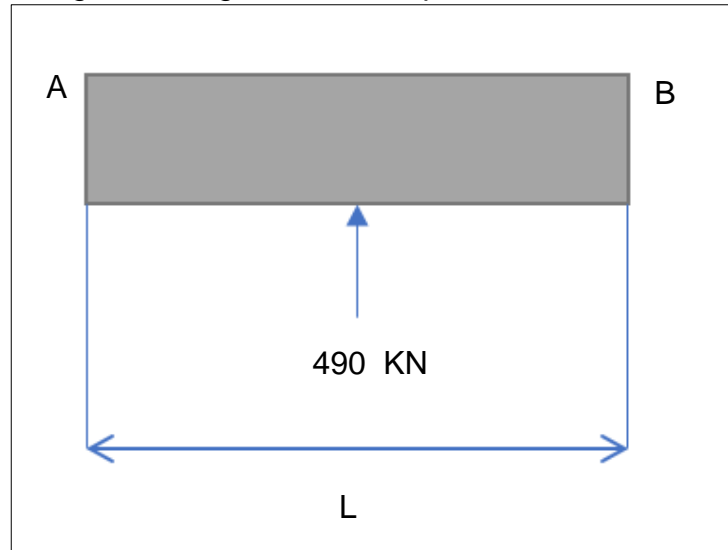
Fuente: Elaboración propia

Para realizar los cálculos pertinentes se tiene en consideración la capacidad máxima del empujador hidráulico que ejerce una fuerza Fr de 50 toneladas sobre el pilote para lograr hincar las secciones de concreto.

$$Fr = 50 \text{ Ton} * \frac{1.000 \text{ Kg}}{1 \text{ Ton}} * \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}}$$

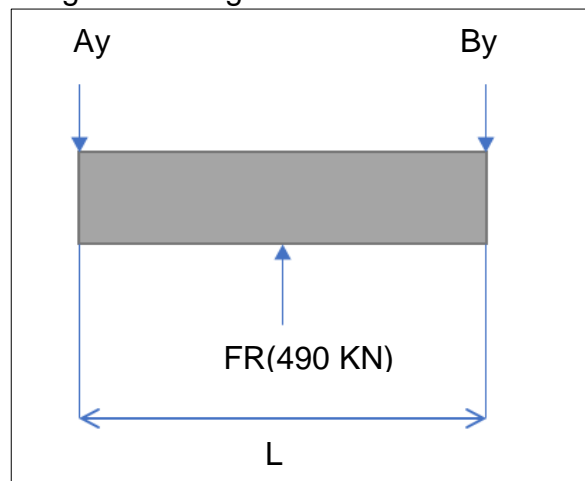
$$Fr = 490.000 \text{ N} \cdot \frac{1 \text{ KN}}{1.000 \text{ N}}; F = 490 \text{ KN}$$

Imagen 9. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Elaboración propia

Imagen 10. Diagrama de Fuerzas



Fuente: Elaboración propia

Sumatoria de fuerzas en los planos x, y;

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$Fr - A_y - B_y = 0$$

Donde;

Fr= Fuerza de reacción del empujador

Ay= Reacción de la fuerza

By= Reacción de la fuerza

Sumatoria de momentos en el punto A;

$$\curvearrowright + \sum M_A = 0$$

$$\left(490\text{KN} \cdot \left(\frac{L}{2} \right) \right) - (B_Y \cdot L) = 0 ; B_Y = \frac{490\text{KN} \cdot \frac{L}{2}}{L}$$

$$B_Y = \frac{490\text{KN}}{2}$$

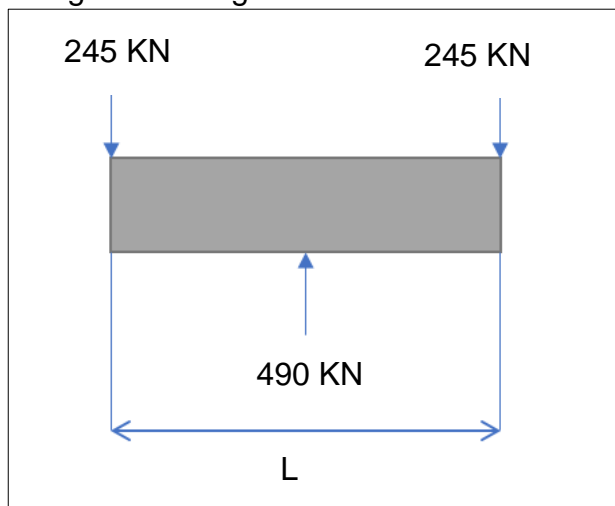
$$B_Y = 245\text{KN}$$

Remplazando en la ecuación de $\sum F_y = 0$;

$$490\text{KN} - A_Y - 245\text{KN} = 0$$

$$A_Y = 245\text{KN}$$

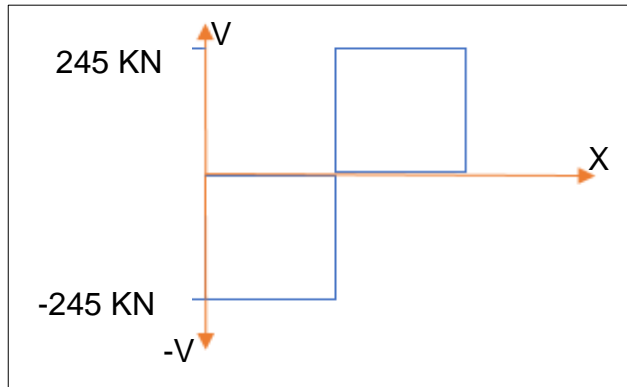
Imagen 11. Diagrama de fuerzas



Fuente: Elaboración propia

- Basado en el método de fuerza cortante y momentos flexionantes en vigas de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-2 se determinará la fuerza cortante máxima y el momento máximo que tendrá la viga dada las fuerzas ejercidas por el empujador;

Imagen 12. Diagrama fuerza cortante



Fuente: Elaboración propia

La longitud de la viga de elevación es de $L=90$ cm ya que la distancia máxima de trabajo es de 1 m de longitud total para la estructura de la máquina.

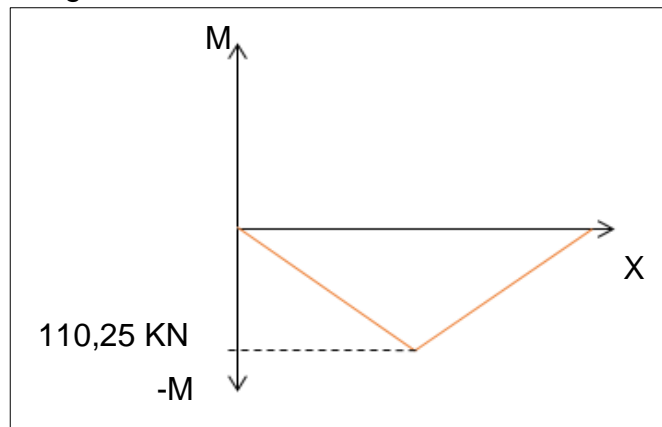
El momento máximo presentado está dado por la siguiente ecuación;

$$M=490\text{KN}\cdot\frac{L}{2}$$

$$M=245\text{KN}\cdot\frac{0,9\text{m}}{2}$$

$$M=110,25\text{ KN}$$

Imagen 13. Momento máximo



Fuente: Elaboración propia

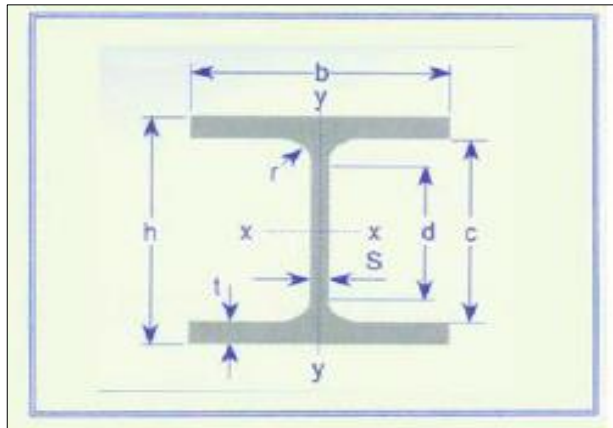
Las vigas son elementos estructurales que trabajan a flexión, frente a fuerzas determinadas, donde las fibras inferiores están sometidas a tracción y las superiores a compresión. En las vigas existen distintos tipos de perfiles como lo

son en T, I, H, C entre otros. Se ha decidido trabajar con un perfil en H teniendo en cuenta los siguientes criterios;

- Ya que el empujador hidráulico estará anclado a la viga de elevación, en su parte inferior debe contar con una superficie plana para facilitar el anclaje
- Al momento que el empujador hidráulico genera una fuerza perpendicular sobre la viga, el alma de este perfil es capaz de soportar la fuerza, ya que esta reacción es una carga puntual
- Este perfil garantiza en la parte superior un área igual para poder asegurarla por medio de los pasadores, los cuales tendrán la función de ser un apoyo fijo contrarrestando las fuerzas generadas por el empujador hidráulico

Ya que no se cuenta con cálculos de ingeniería estipulados para estos tipos de máquinas, el diseño detallado de las piezas se realiza con un proceso iterativo de cada uno de los diferentes perfiles hasta obtener el factor de seguridad adecuado.

Imagen 14. Perfil en H



Fuente: VIGAS Y PERFILES. Perfil H. [en línea].
Recuperado de: http://www.perfilesyvigas.com/imagenes/pdf/ha_heb.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

Donde;

b= Ancho del ala

h= Altura del perfil

r= Radio de curvatura del alma

d= Altura del alma sin el radio de curvatura

c´= Altura del alma

S= Espesor del alma

X= Eje neutro

t= Espesor del ala

Imagen 15. Propiedades de perfil en H

PERFIL H EUROPEO DE ALA ANCHA - HE																						
DIMENSIONES Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO																						
PERFILES HE	DIMENSIONES								PROPIEDADES ELASTICAS							MODULO PLASTICO		CONS TORS				
	DESIGNACION	ALTURA		ALA		DISTANCIAS				AREA	PESO	EJE X-X			EJE Y-Y				Zx	Zy	Jt	
		h	s	b	t	r	c	d	Ix			Sx	rx	Iy	Sy	ry	Zx					Zy
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/mt	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³	cm ³	cm ⁴				
HEA A 260	244.0	6.5	260.0	9.5	24.0	225.0	177.0	69.0	54.1	7.981.0	654.0	10.8	2.788.0	214.0	6.4	714.0	328.0	30.3				
HEA 260	250.0	7.5	260.0	12.5	24.0	255.0	177.0	86.8	68.2	10.450.0	836.0	11.0	3.668.0	282.0	6.5	920.0	430.0	52.4				
DIL 260	260.0	7.5	260.0	17.5	24.0	225.0	177.0	113.0	88.6	14.680.0	1.129.0	11.4	5.132.0	395.0	6.7	1.251.0	599.0	110.0				
HEB 260	260.0	10.0	260.0	17.5	24.0	225.0	177.0	118.0	93.0	14.920.0	1.148.0	11.2	5.135.0	395.0	6.6	1.283.0	602.0	124.0				
HEM 260	290.0	18.0	268.0	32.5	24.0	225.0	177.0	220.0	172.0	31.310.0	2.159.0	11.9	10.450.0	780.0	6.9	2.524.0	1.192.0	719.0				
HEA A 280	264.0	7.0	280.0	10.0	24.0	244.0	196.0	78.0	61.2	10.560.0	800.0	11.6	3.664.0	262.0	6.9	873.0	399.0	36.2				
HEA 280	270.0	8.0	280.0	13.0	24.0	244.0	196.0	97.3	76.4	13.670.0	1.013.0	11.9	4.763.0	340.0	7.0	1.112.0	518.0	62.1				
DIL 280	280.0	8.0	280.0	18.0	24.0	244.0	196.0	125.0	98.3	18.970.0	1.355.0	12.3	6.592.0	471.0	7.3	1.497.0	714.0	128.0				
HEB 280	280.0	10.5	280.0	18.0	24.0	244.0	196.0	131.0	103.0	19.270.0	1.376.0	12.1	6.595.0	471.0	7.1	1.534.0	718.0	144.0				
HEM 280	310.0	18.5	288.0	33.0	24.0	244.0	196.0	240.0	189.0	39.550.0	2.551.0	12.8	13.160.0	914.0	7.4	2.966.0	1.397.0	807.0				

Fuente: VIGAS Y PERFILES. Perfil H. [en línea].
 Recuperado de: http://www.perfilesyvigas.com/images/pdf/ha_heb.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

- Para el cálculo del esfuerzo, basado en el método de esfuerzos normales para vigas en flexión de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-10 se podrá observar la ecuación para esfuerzo máximo;

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

Donde;

σ = Esfuerzo

M = Momento máximo

C = Distancia del eje neutro a la fibra más lejana (h/2)

I = Momento de inercia del perfil

La selección tomada del catálogo es HEM 280;

$$\sigma = \frac{110,25 \text{ KN} \cdot \frac{310 \text{ mm}}{2} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}}}{39.550 \text{ cm}^4}$$

$$\sigma = 43.207,96 \text{ KPa}$$

$$\sigma = 43.207,96 \text{ KPa} \cdot \frac{1 \text{ MPa}}{1.000 \text{ KPa}}$$

$$\sigma = 43,21 \text{ MPa}$$

- Para el cálculo de esfuerzo cortante, basado en el método de esfuerzos cortantes para vigas en flexión, de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-11 en la tabla 3-2 se puede apreciar el esfuerzo cortante para perfiles en H;

$$\tau_{XY} = \frac{V}{A}$$

Donde;

T_{xy} = Esfuerzo cortante

F = Fuerza cortante

A = Área del alma ($S \cdot C'$)

S = Espesor del alma

C' = Altura del alma

$$\tau_{XY} = \frac{V}{S \cdot C'}$$

$$\tau_{XY} = \frac{490 \text{KN}}{0,018 \text{m} \cdot 0,244 \text{m}}$$

$$\tau_{XY} = 108.551,17 \text{KPa}$$

$$\tau_{XY} = 108.551,17 \text{KPa} \cdot \frac{1 \text{MPa}}{1.000 \text{Kpa}}$$

$$\tau_{XY} = 108,55 \text{MPa}$$

- Basado en el método de diseño del círculo de Mohr del esfuerzo plano de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-6

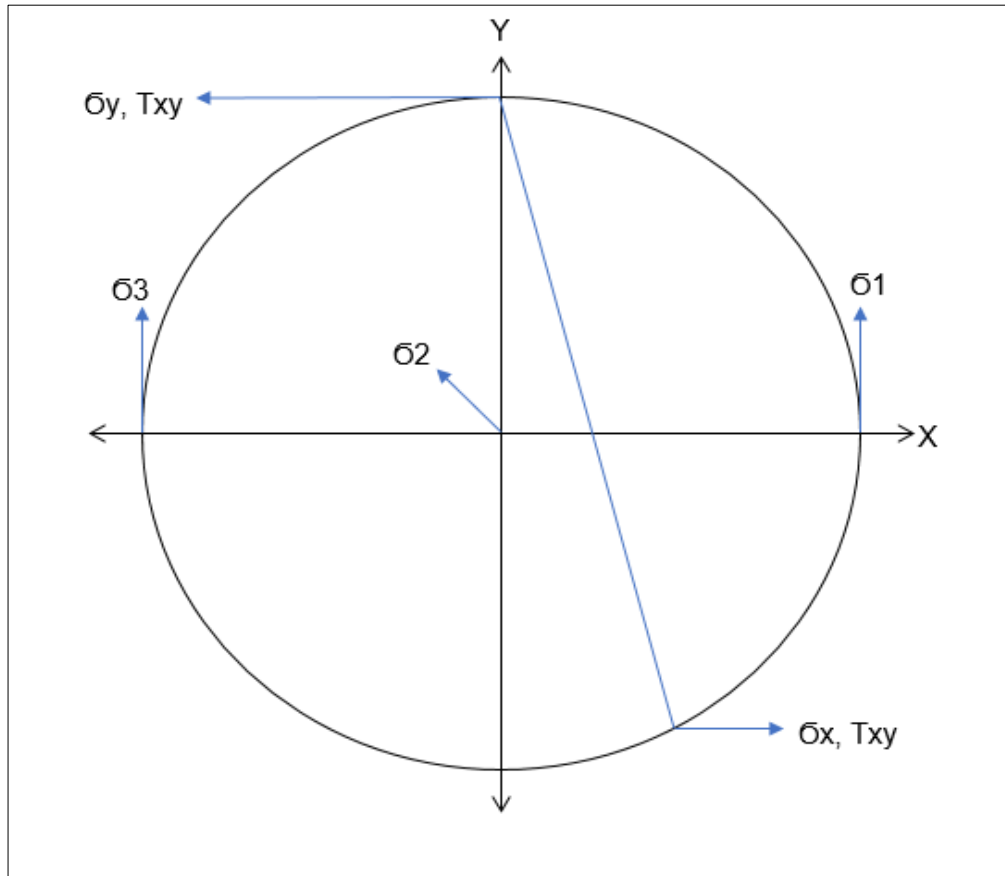
$$\sigma_x = 43,21 \text{MPa}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$T_{xy} = 108,55 \text{MPa}$$

- Para el círculo de Mohr se realiza por medio de parejas dando unos puntos en el plano $\sigma_x, -T_{xy}$ y σ_y, T_{xy} consiguiendo así los esfuerzos σ_1, σ_2 y σ_3 ;

Imagen 16. Círculo de Mohr (caso general)



Fuente: Elaboración propia

En el círculo de Mohr se pueden obtener el centro y el radio del círculo;

C'' = Centro del círculo

R'' = Radio del círculo

Se calculan de la siguiente forma;

$$C'' = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}$$

$$C'' = \frac{43,21 \text{ MPa} - 0 \text{ MPa}}{2}$$

$$C'' = 21,6 \text{ MPa}$$

$$R'' = \sqrt{\left(\frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2}\right)^2 + T_{xy}^2}$$

$$R'' = \sqrt{\left(\frac{(43,21 \text{ Mpa} - 0 \text{ MPa})}{2}\right)^2 + (108,55 \text{ MPa})^2}$$

$$R'' = 110,68 \text{ MPa}$$

Para calcular los esfuerzos σ_1 , σ_2 y σ_3 son;

$$\sigma_1 = C'' + R''$$

$$\sigma_1 = 21,6 \text{ MPa} + 110,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 132,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \sigma_x$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = C'' - R''$$

$$\sigma_3 = 21,6 \text{ MPa} - 110,68 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = -89,07 \text{ MPa}$$

La teoría de falla de Von Mises es el método seleccionado para conocer el esfuerzo máximo teniendo en cuenta que esta teoría es utilizada por los siguientes parámetros;

- La carga a la cual está sometida la viga es una carga estática
- El material cuenta con características isotrópicas
- El material es dúctil

El teorema de falla de Von Mises se realiza mediante la siguiente ecuación de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 5 sección 5-2;

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(132,28\text{MPa} - 0)^2 + (132,28\text{MPa} - (-89,07\text{MPa}))^2 + (0 - (-89,07\text{MPa}))^2}{2}}$$

$$\sigma_{vm} = 192,9 \text{ MPa}$$

- Para calcular el factor de seguridad se baso en el diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) capítulo 5 sección 5-5. El límite de fluencia del material estructural el cual es utilizado para la fabricación de vigas de la empresa PERFILES & VIGAS S.A.S. es ASTM A 572 grado 50 es de 345 MPa

Imagen 17. Propiedades acero ASTM A 572 grado 50

Composición Química						
%C (máx.)	%Mn (máx.)	%Si (máx.)	%P (máx.)	%S (máx.)	%V	%Nb
0,23	1,35	0,40	0,04	0,05	0,01 - 0,15	0,005 - 0,05

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)		Elongación
(Kg/mm ²)	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
35 (mín)	345 (mín.)	46 (mín)	450 (mín.)	21 (mín.)

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío		
Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (Incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (Incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (Incl.)
1,5 X E	1,5 X E	2,0 X E

Fuente: ACEROS OTERO. Productos. [en línea]. Recuperado de: http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a572_gr50.html (Citado 06 de febrero 2019)

$$F_s = \frac{LMF}{\sigma_{vm}}$$

Donde;

F_s = Factor de seguridad

LMF Límite de fluencia del material

σ_{vm} = Esfuerzo de Von Mises

$$F_s = \frac{345 \text{ MPa}}{192,9 \text{ MPa}}$$

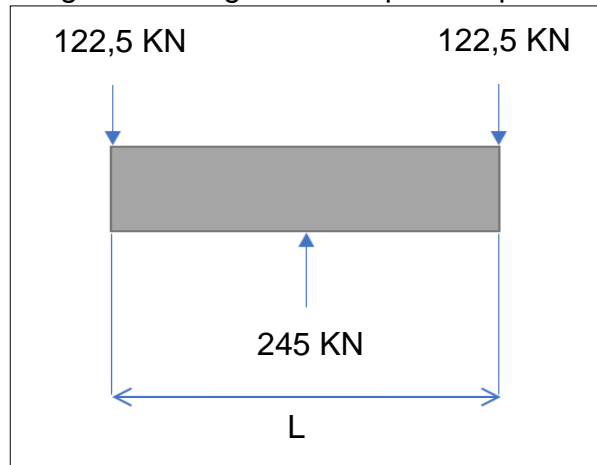
$$F_s = 1,78$$

4.2 CÁLCULO DEL PASADOR

A continuación, se realiza el cálculo para los pasadores de reacción;

Basándose en las reacciones generadas mostradas en la (Imagen 9.) se calcula el pasador por medio del sistema de equilibrio, ya que la fuerza total transmitida al pasador será de 245 KN

Imagen 18. Diagrama cuerpo libre pasador



Fuente: Elaboración propia

El límite de fluencia del material estructural, el cual es utilizado para la fabricación de perfiles por la empresa GERDAU, es el acero utilizado es SAE 1020 calibrado con un límite de fluencia de 441 MPa;

Imagen 19. Propiedades acero 1020

Estado de suministro	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell aprox.
Laminado en caliente	441	196	25	45	140 / 180
Normalizado	490 - 588	343	30	55	150
Recocido	441 - 539	294	35	60	130 / 150
Calibrado	539 - 686	441	10	35	180 / 220
Cementado, templado y rev.	686 - 833	441	15	45	-----

COMPOSICION QUÍMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.18	0.3	0.04	0.05	0.15
	0.23	0.6			0.3

Fuente: CIA. GENERAL DE ACEROS S.A. SAE 1020 Y SAE 1045. [en línea]. Recuperado de: <http://repository.unilivre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anejos.pdf?sequence=2> (Citado 06 de febrero 2019)

Imagen 20. Vistas frontal y perfil viga pasador



Fuente: Elaboración propia

- Para el cálculo de esfuerzo cortante, basado en el método esfuerzos uniformemente distribuidos, de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-9. Para perfiles circulares con un factor de seguridad recomendable puede variar en 1,25 y 3,5
- Conociendo que la mayor parte de la superficie del pasador se encuentra en contacto con el ala superior de la viga, este elemento tiende a fallar por un esfuerzo cortante en sus extremos. Dado este criterio se realizan los cálculos correspondientes

A continuación, se da a conocer un catálogo de diámetros normalizados elaborados con un acero 1020, donde se puede observar la selección del diámetro estandarizado del pasador.

Imagen 21. Tabla normalizada

6.1 Diámetros normales, pesos y tolerancias nominales (1)						
Características nominales					Tolerancias (\pm) (2)	
Diámetro, e		Masa (3) kg/m	Sección cm ²	Perímetro cm	En e	
mm	pulg.				mm	Oval. (4) mm
8	-	0,395	0,503	2,51	0,50	0,80
10	-	0,617	0,785	3,14	0,50	0,80
12	-	0,888	1,13	3,77	0,60	0,95
12,7	1/2"	0,994	1,27	3,99	0,60	0,95
15,8	5/8"	1,55	1,98	4,99	0,60	0,95
16	-	1,58	2,01	5,03	0,60	0,95
18	-	2,00	2,54	5,65	0,60	0,95
19	-	2,23	2,84	5,97	0,70	1,15
19,1	3/4"	2,24	2,85	5,98	0,70	1,15
22	-	2,98	3,80	6,91	0,70	1,15
22,2	7/8"	3,05	3,88	6,98	0,70	1,15
25	-	3,85	4,91	7,85	0,70	1,15
25,4	1"	3,98	5,07	7,98	0,70	1,15
28,6	1 1/8"	5,03	6,41	8,98	0,70	1,15
31,7	1 1/4"	6,22	7,92	9,97	0,80	1,30
38,1	1 1/2"	8,95	11,4	12,0	0,80	1,30

Fuente: GERDAU. Catálogo técnico. [en línea]. Recuperado de: http://www.gerdau.cl/files/catalogos_y_manuales/2017/Catalogo-Tecnico-2017-Hipervinculo.pdf (Citado 06 de Febrero 2019)

Para el cálculo de esfuerzo cortante, basado en el método esfuerzos cortantes, para vigas en flexión, de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición). En el capítulo 3 sección 3-11 en la tabla 3-2 se puede apreciar el esfuerzo cortante para perfiles en H;

$$\tau_{XY} = \frac{V}{A}$$

Donde;

τ_{xy} = Esfuerzo cortante

F = Fuerza total

A = Área del pasador ($\pi \cdot r^2$)

$$\tau_{XY} = \frac{F}{A}$$

$$\tau_{XY} = \frac{122,5 \text{ KN}}{\pi \cdot \left(\frac{38,1 \text{ mm}}{2} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^2}$$

$$\tau_{XY} = 107.447,48 \text{ KPa}$$

$$\tau_{XY} = 107.447,48 \text{ KPa} \cdot \frac{1 \text{ MPa}}{1.000 \text{ Kpa}}$$

$$\tau_{XY} = 107,45 \text{ MPa}$$

- Basado en el método de diseño del círculo de Mohr del esfuerzo plano de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-6

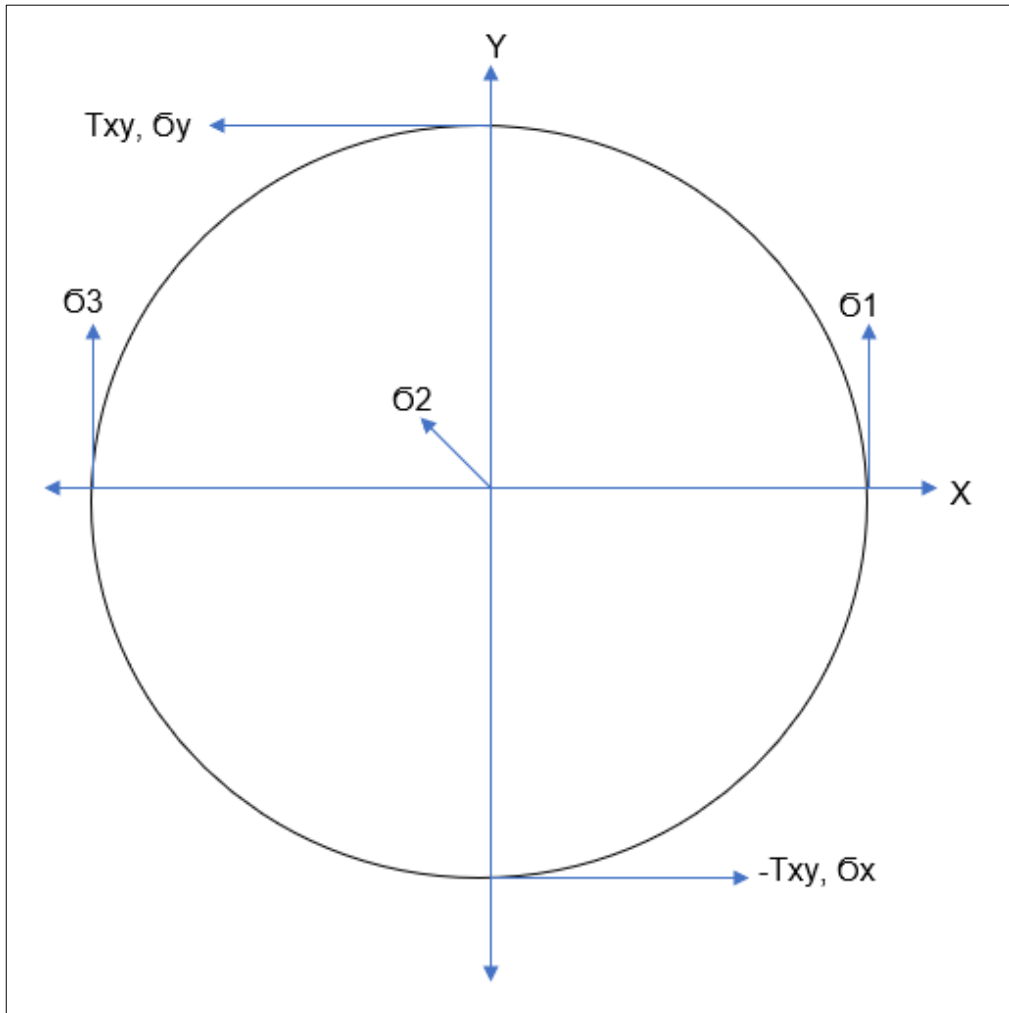
$$\sigma_x = 0$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau_{xy} = 107,45 \text{ MPa}$$

- Para el círculo de Mohr se realiza por medio de parejas dando unos puntos en el plano σ_x , $-\tau_{xy}$ y σ_y , τ_{xy} consiguiendo así los esfuerzos σ_1 , σ_2 y σ_3 ;

Imagen 22. Círculo de Mohr (caso general)



Fuente: Elaboración propia

En el círculo de Mohr se pueden obtener el centro y el radio del círculo;

C'' = Centro del círculo

R'' = Radio del círculo

Se calculan de la siguiente forma;

$$C'' = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}$$

$$C'' = \frac{0 \text{ MPa} - 0 \text{ MPa}}{2}$$

$$C'' = 0 \text{ MPa}$$

$$R'' = T_{xy}$$

$$R''=107,45 \text{ MPa}$$

Para calcular los esfuerzos σ_1 , σ_2 y σ_3 son;

$$\sigma_1=C''+R''$$

$$\sigma_1=0 \text{ MPa}+107,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1=107,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2= \sigma_x$$

$$\sigma_2=0$$

$$\sigma_3=C''-R''$$

$$\sigma_3=0 \text{ MPa}-107,45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3= -107,45 \text{ MPa}$$

La teoría de falla de Von Mises es el método seleccionado para conocer el esfuerzo máximo teniendo en cuenta que esta teoría es utilizada teniendo en cuenta los siguientes parámetros;

- La carga a la cual está sometida la viga es una carga estática
- El material cuenta con características isotrópicas
- El material es dúctil

El teorema de falla de Von Mises se realiza mediante la siguiente ecuación

$$\sigma_{vm}=\sqrt{\frac{(\sigma_1-\sigma_2)^2+(\sigma_1-\sigma_3)^2+(\sigma_2-\sigma_3)^2}{2}}$$

$$\sigma_{vm}=\sqrt{\frac{(107,45 \text{ MPa} -0)^2+(107,45 \text{ MPa}-(-107,45\text{MPa}))^2+(0-(-107,45\text{MPa}))^2}{2}}$$

$$\sigma_{vm}=186,1 \text{ MPa}$$

- Para estandarizar el diámetro del pasador calculado con el catálogo de la empresa GERDAU el que se aproxima con los cálculos realizados es el D= 38,1 mm

$$F_s = \frac{LMF}{\bar{\sigma}_{vm}}$$

Donde;

F_s= Factor de seguridad

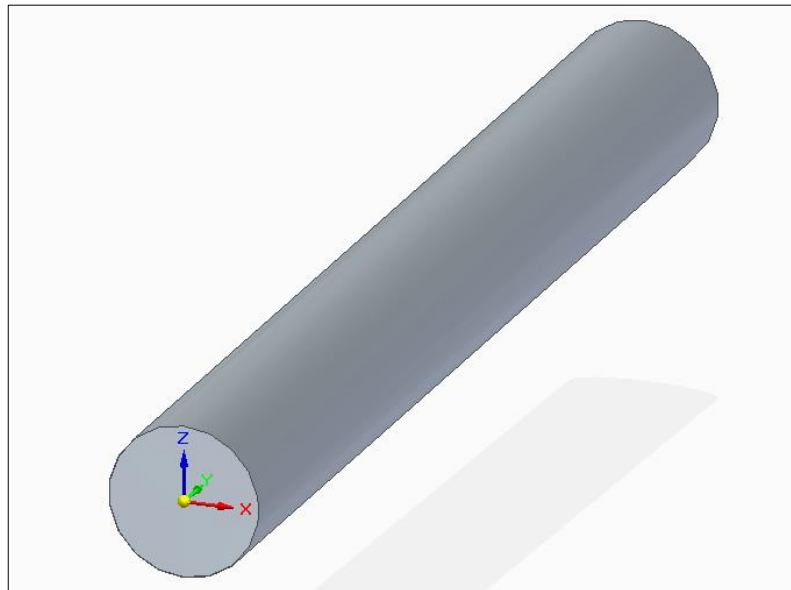
LMF Límite de fluencia del material

$\bar{\sigma}_{vm}$ = Esfuerzo de Von Mises

$$F_s = \frac{441 \text{ MPa}}{186,1 \text{ MPa}}$$

$$F_s = 2,36$$

Imagen 23. Pasador 3D



Fuente: Elaboración propia

4.3 CÁLCULO DE LA COLUMNA

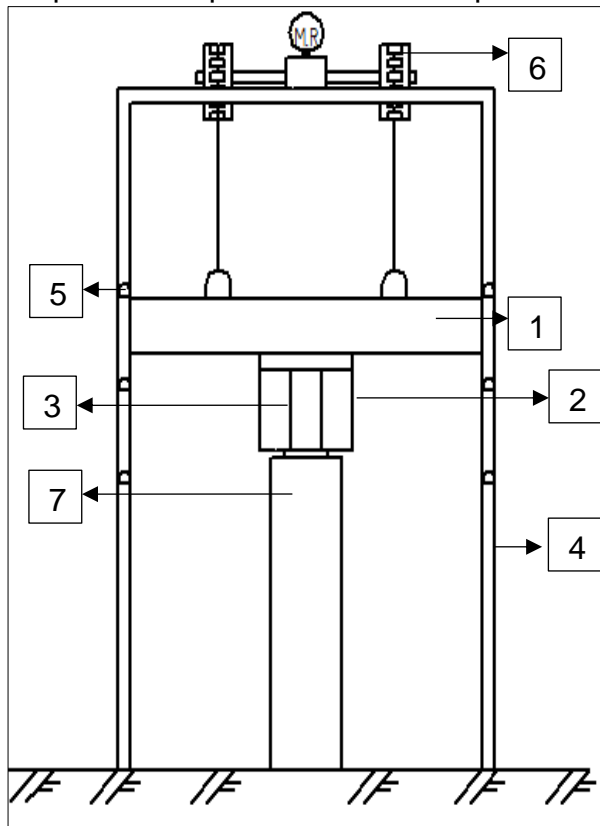
En la posición inicial el sistema de cadenas se encuentra a tensión sosteniendo el peso de la viga y del empujador hidráulico, en el momento en que el empujador hidráulico entra en contacto con el pilote este soporta el peso de la viga y el empujador, en ese instante el operario procede a colocar los pasadores, en el

momento en que el empujador hidráulico comienza a realizar el trabajo de desplegar su embolo el cual tiene una carrera máxima de 336,55 mm como se muestra en la imagen 22 los pasadores ejercen el trabajo de ser el apoyo fijo realizando la fuerza de reacción que genera el empujador para que la viga no pueda desplazarse verticalmente.

A continuación, se describe el proceso que se realiza en la operación para hincar los pilotes;

En la posición inicial, el sistema de cadenas va sujeta a la viga de nivelación, que está viga a su vez tiene anclado el empujador hidráulico, como se muestra a continuación;

Esquema 7. Operación de la máquina



- Viga de elevación (1)
- Cilindro del empujador hidráulico (2)
- Embolo del empujador hidráulico (3)
- Estructura (4)
- Pasadores (5)
- Transmisión de movimiento (6)
- Pilote (7)

Fuente: Elaboración propia

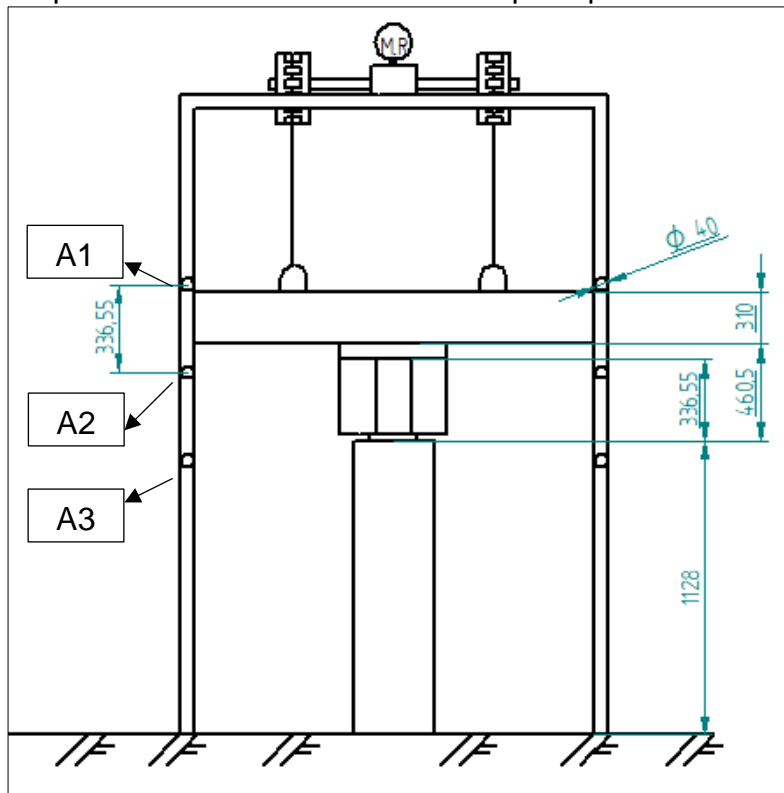
Para la segunda posición en el momento que el empujador termina a su totalidad el recorrido, el embolo se retrae y el sistema de cadenas vuelve a estar en tensión soportando el peso de la viga y el empujador, el operario retira los pasadores y de forma automatizada ejecuta el sistema de cadenas a la segunda posición descendiendo verticalmente la viga y el empujador hasta entrar en

contacto con el pilote el cual ha sido penetrado en el suelo, el operario ubica los pasadores en la segunda posición efectuando el mismo procedimiento para seguir hincando el pilote.

Para la tercera posición el proceso se realiza de misma forma que en la segunda posición puesto que la altura del pilote es de 1 metro completando así el hincado a la totalidad del pilote

En el instante que el pilote se encuentre bajo tierra se hinca en su totalidad, el operario retira los pasadores y efectúa la operación de regresar la viga y el empujador mediante el sistema de cadenas a la posición inicial y dar paso a un nuevo hincamiento.

Esquema 8. Dimensiones de la máquina posición inicial



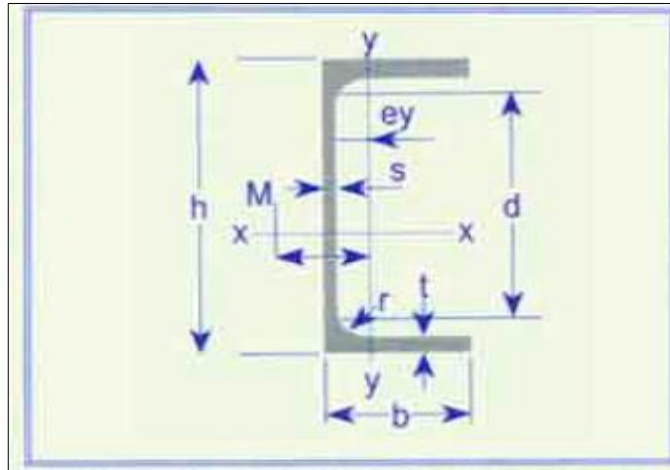
- Posición inicial (A1)
- Segunda posición (A2)
- Tercera posición (A3)

“Fuente: Elaboración propia “

Para realizar el cálculo de las columnas se tuvo en cuenta que está debe permitir el desplazamiento vertical de la viga de elevación. Para que se realice esta acción se tuvieron en cuenta varios perfiles, llegando a la elección de un perfil UPE, puesto que este perfil le permite a la viga realizar el desplazamiento vertical asegurando que la viga tenga una guía, la cual no permite realizar movimientos en su propio eje.

Teniendo en cuenta que el ancho de la viga seleccionada anteriormente es de 288mm, la columna que se ajusta a esta es la UPE 330 ya que tiene un valor $d=298$

Imagen 24. Dimensiones perfil UPE



Fuente: VIGAS Y PERFILES. Perfil C. [en línea].

Recuperado de:

http://www.perfilesyvigas.com/images/pdf/canales_upe.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

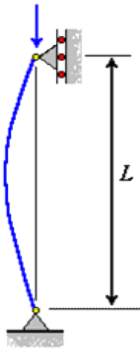
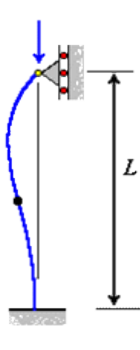

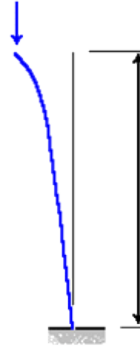
Imagen 25. Propiedades perfil UPE

PERFIL C ALAS PARALELAS - UPE - ESPAÑA													
PERFILES UPE	DIMENSIONES					PESO	PROPIEDADES ELASTICAS						CONS TORS
	ALTURA		b	t	d		EJE x-x			EJE y-y			
	h	s					I_x	S_x	r_x	I_y	S_y	r_y	
DESIGNACION	mm	mm	mm	mm	mm	kg/mt	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴
UPE80	80.00	4.00	50.00	7.00	66.00	7.90	107.00	26.80	3.26	25.40	7.98	1.59	
UPE 100	100.00	4.50	55.00	7.50	85.00	9.82	207.00	41.40	4.07	36.20	10.60	1.75	
UPE 120	120.00	5.00	60.00	8.00	104.00	12.10	364.00	60.60	4.86	55.40	13.80	1.90	
UPE 140	140.00	5.00	65.00	9.00	122.00	14.50	599.00	85.60	5.71	78.70	18.20	2.07	
UPE 160	160.00	5.50	70.00	9.50	141.00	17.90	911.00	114.00	6.48	107.00	22.60	2.22	
UPE 180	180.00	5.50	75.00	10.50	159.00	19.70	1.353.00	150.00	7.34	144.00	28.00	2.39	
UPE200	200.00	6.00	80.00	11.00	178.00	22.80	1.909.00	191.00	8.11	187.00	34.40	2.54	
UPE220	220.00	6.50	85.00	12.00	196.00	26.60	2.682.00	244.00	8.90	246.00	42.90	2.70	
UPE240	240.00	7.00	90.00	12.50	217.00	30.20	3.599.00	300.00	9.67	311.00	50.10	2.84	
UPE270	270.00	7.50	95.00	13.50	243.00	36.20	5.255.00	389.00	10.80	491.00	60.70	2.99	
UPE 300	300.00	9.50	100.00	15.00	270.00	44.40	7.823.00	522.00	11.80	538.00	75.80	3.06	
UPE330	330.00	11.00	105.00	16.00	298.00	53.20	11.008.00	667.00	12.70	681.00	89.70	3.17	
UPE 360	360.00	12.00	110.00	17.00	326.00	61.20	14.835.00	824.00	13.80	844.00	105.00	3.29	
UPE400	400.00	13.50	115.00	18.00	364.00	72.20	20.981.00	1.049.00	15.10	1.345.00	123.00	3.37	

Fuente: VIGAS Y PERFILES. Perfil C. [en línea]. Recuperado de: http://www.perfilesyvigas.com/images/pdf/canales_upe.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

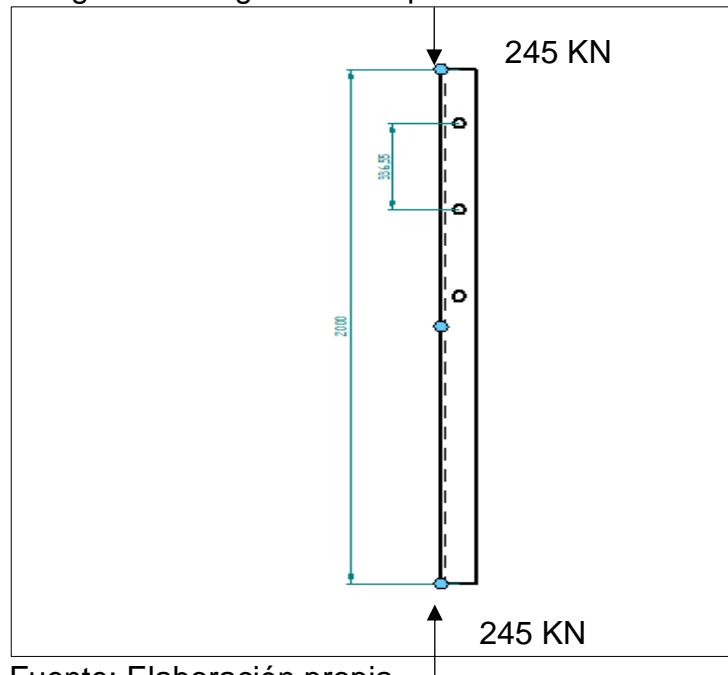
Para comprobar que el tipo de columna seleccionado soporte los esfuerzos a la que se encuentra sometida sin sufrir pandeo, se realiza el chequeo por esbeltez según el libro de Diseño de estructuras de acero de Mc Cormac. Se selecciona el tipo de restricción que presenta la columna cargada axialmente a compresión (imagen 26).

Imagen 26. Elementos cargados axialmente

Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$L_e = L$	$L_e = 0.699L$	$L_e = 0.5L$	$L_e = 2L$
$K = 1$	$K = 0.699$	$K = 0.5$	$K = 2$

Fuente: WEB DEL PROFESOR. Factor de longitud efectiva. [en línea]. Recuperado de: <http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/amicab/05-elementosSolicitadosACompresion/5-4.html> (Citado 06 de febrero 2019)

Imagen 27. Diagrama de equilibrio columna



Fuente: Elaboración propia

Conocido el perfil UPE 330 y su longitud de 200 cm, se realiza el chequeo por esbeltez

$$\frac{KL}{r} \leq 200$$

Donde;

K= Longitud efectiva
L= Longitud de la columna
r= Radio de giro mínimo

K es de 0,5 ya que se considera que la columna se encuentra empotrada en ambos lados (imagen 26).

$$\text{Esbeltez} = \frac{0,5 \cdot 200\text{cm}}{3,17} = 31,54$$

$$31,54 \leq 200$$

Después de determinar que la relación de esbeltez es menor que 200 y cumple, se calcula la relación de esbeltez real para concluir si la columna es corta o larga y utilizar el análisis adecuado.

Según el libro de Robert Mott. Diseño de elementos de máquinas y herramientas se realiza;

$$C_c = 4,71 \sqrt{\frac{E}{LFM}}$$

Donde;

C_c = Constante de columna
E = Módulo de elasticidad del material (200Mpa)
LFM = Límite de fluencia del material

$$C_c = 4,71 \sqrt{\frac{200\text{MPa}}{345\text{MPa}}}$$

$$C_c = 3,4$$

Se realiza la comparación entre la relación de esbeltez transición con la relación de esbeltez real.

$$32,2 \geq 3,4$$

Dado que, la relación de esbeltez real es mayor que la constante de columna, se trabaja como una columna corta y se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

Relación de esbeltez;

$$\text{➤ Si } \frac{KL}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (o } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25)$$

$$F_{cr} = \left[0,658 \frac{F_y}{F_e} \right] F_y$$

$$\text{➤ Si } \frac{KL}{r} \geq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \text{ (o } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25)$$

$$F_{cr} = 0,877 F_e$$

Donde;

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 * 200 \text{ Mpa}}{(31,54)^2}$$

$$F_e = 1,98 \text{ MPa}$$

La resistencia nominal por flexión de una columna esta descrito por la siguiente formula;

$$P_n = F_e * A_g$$

Donde;

P_n = resistencia nominal

F_e = Esfuerzo de pandeo crítico elástico

A_g = Área gross

$$P_n = 1,98 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 0,687 \text{ m}^2$$

$$P_n = 1.334.862,73 \text{ N} = 1.334,8 \text{ KN}$$

Conociendo el valor de la resistencia nominal se puede obtener el factor de seguridad de la siguiente forma;

$$F.S = \frac{P_n}{p}$$

$$F.S = \frac{1.334,8 \text{ KN}}{345 \text{ KN}}$$

$$F.S=3,89$$

Con el factor de seguridad de 3,89, la columna no se verá afectada por fallas de pandeo. Ahora se evalúa el esfuerzo por aplastamiento en los agujeros de las columnas y se determina el factor de seguridad el cual, como se mencionó anteriormente, deberá estar comprendido entre 1,2 y 3,5.

$$\sigma_b = \frac{F}{\phi * Esp}$$

$$\sigma_b = \frac{122,5 \text{ kN}}{0,04 * 0,016} = 191.406,25 \text{ KPa}$$

$$F.S = \frac{LFM}{\sigma_b} = \frac{345.000 \text{ KN}}{191.406,25 \text{ KN}} = 1,81$$

4.4 CÁLCULO TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Para el cálculo de transmisión de potencia el cual contempla la selección del tipo de las cadenas, el motorreductor de velocidad, los piñones y el eje de transmisión. Se describen a continuación;

4.4.1 Selección del perfil de la cadena. El peso de la viga según el catálogo de está (imagen 15) describe un peso de 183 Kg/m, ya que la viga tiene una longitud total de 0.9 m entonces;

$$w_v = 170,1 \text{ Kg}$$

Para realizar la selección de las cadenas se tiene en cuenta el peso de la viga junto al peso del empujador hidráulico descrito (imagen 5);

$$w_T = w_v + w_{EH}$$

$$w_T = 170,1 \text{ Kg} + 41,5 \text{ kg}$$

$$w_T = 211,6 \text{ Kg}$$

$$w_T = 211,6 * \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}}$$

$$w_T = 2.073,68 \text{ N} ; 2,07 \text{ KN}$$

En el catálogo de transmisión de potencia de la empresa SKF se pueden observar diferentes perfiles de cadenas que se muestran a continuación;

Imagen 28. Propiedades cadenas

ANSI Chain number	BS/ISO Chain number	Dimensions			Pin diameter	Pin length	P. length cottered	Inner pl. height	Plate thickness	Transv. pitch	Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter	Designation	
		Pitch	Roller diameter	Width between inner plates											
		P	d ₁ max	b ₁ min	d ₂ max	L max	L _c max	L _c max	h ₂ max	T max	P _t	Q min	Q ₀	q	
		mm											kN	kg/m	-
35H-1*		9,525	5,08	4,77	3,58	13,3	14,3	-	9,0	1,50	-	7,9	10,8	0,41	PHC 35H-1...
40H-1	08AH-1	12,700	7,95	7,85	3,96	18,8	19,9	-	12,00	2,03	-	14,1	19,1	0,82	PHC 40H-1...
50H-1	10AH-1	15,875	10,16	9,40	5,08	22,1	23,4	24,4	15,09	2,42	-	22,2	30,2	1,25	PHC 50H-1...
60H-1	12AH-1	19,050	11,91	12,57	5,94	29,2	31,0	31,6	18,00	3,25	-	31,8	42,7	1,87	PHC 60H-1...
80H-1	16AH-1	25,400	15,88	15,75	7,92	36,2	37,7	39,4	24,00	4,00	-	56,7	71,4	3,10	PHC 80H-1...
100H-1	20AH-1	31,750	19,05	18,90	9,53	43,6	46,9	46,9	30,00	4,80	-	88,5	112,4	4,52	PHC 100H-1...
120H-1	24AH-1	38,100	22,23	25,22	11,10	53,5	57,5	57,5	35,70	5,60	-	127,0	160,9	6,60	PHC 120H-1...
140H-1	28AH-1	44,450	25,40	25,22	12,70	57,6	62,2	62,2	41,00	6,40	-	172,4	217,3	8,30	PHC 140H-1...
160H-1	32AH-1	50,800	28,58	31,55	14,27	68,2	73,0	73,0	47,80	7,20	-	226,8	285,8	10,30	PHC 160H-1...
180H-1	36AH-1	57,150	35,71	35,48	17,46	75,9	81,6	-	53,60	8,0	-	281,0	341,8	14,83	PHC 180H-1...
200H-1	40AH-1	63,500	39,68	37,85	19,85	86,6	93,5	93,5	60,00	9,50	-	353,8	444,5	19,16	PHC 200H-1...
240H-1	48AH-1	76,200	47,63	47,35	23,81	109,6	115,9	-	72,30	12,70	-	510,3	622,5	30,4	PHC 240H-1...

Fuente: LAGGER Y PANDOLFÍ. Productos SKF de transmisión de potencia. [en línea]. Recuperado de: <http://www.laggerypandolfi.com/pdfs/catalogo%20skf%20ptp.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

Ya que la resistencia última a la tracción calculada es de 1,035 KN para cada una de las cadenas, se estandariza una cadena sencilla con una resistencia última a la tracción de 7,9 KN y un paso entre rodillos de 9,525 mm siendo este un paso comercial.

Imagen 29. Propiedades piñones

ANSI sprockets, simplex, pilot bore												
ANSI 35-1 · 3/8 in. pitch ANSI 41-1 · 1/2 in. pitch												
Pitch	Number of teeth	Outside diameter OD	Type	Dimensions Bore stock		Hub		Plate thickness t _s	Mass	Designation		
				Min.	Max.	H	L					
in.	-	in.	-	in.					lbs.	-		
3/8	21	2,71	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,20	PHS 35-1A21	
		2,71	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,80	PHS 35-1B21	
3/8	22	2,83	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,22	PHS 35-1A22	
		2,83	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,80	PHS 35-1B22	
3/8	23	2,95	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,24	PHS 35-1A23	
		2,95	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,82	PHS 35-1B23	
3/8	24	3,07	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,26	PHS 35-1A24	
		3,07	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,88	PHS 35-1B24	
3/8	25	3,19	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,28	PHS 35-1A25	
		3,19	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,88	PHS 35-1B25	

Fuente: LAGGER Y PANDOLFÍ. Productos SKF de transmisión de potencia. [en línea]. Recuperado de: <http://www.laggerypandolfi.com/pdfs/catalogo%20skf%20ptp.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

Diámetro del piñón;

$$3,19 \text{ in} * \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ in}} = 0,081 \text{ m}$$

$$\omega = \frac{P}{r}$$

Donde;

$\dot{\omega}$ = Velocidad angular

P= Potencia

R= Radio del piñón

$$\dot{\omega} = \frac{87,08 \text{ w}}{0,04 \text{ m}}$$

$$\dot{\omega} = 2,14 \text{ rad/s}$$

$$\dot{\omega} = 2,14 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}$$

$$\dot{\omega} = 20,52 \text{ rpm}$$

4.4.2 Selección del motorreductor. Para la elección del motorreductor, se tienen los siguientes criterios;

Puesto que la velocidad requerida es de 20,52 RPM se recurre a seleccionar un motorreductor con estas características de potencia y velocidad, para estandarizar el motorreductor se recurre a un catálogo de la empresa RAMFE seleccionando el que más se aproxime a los requerimientos calculados;

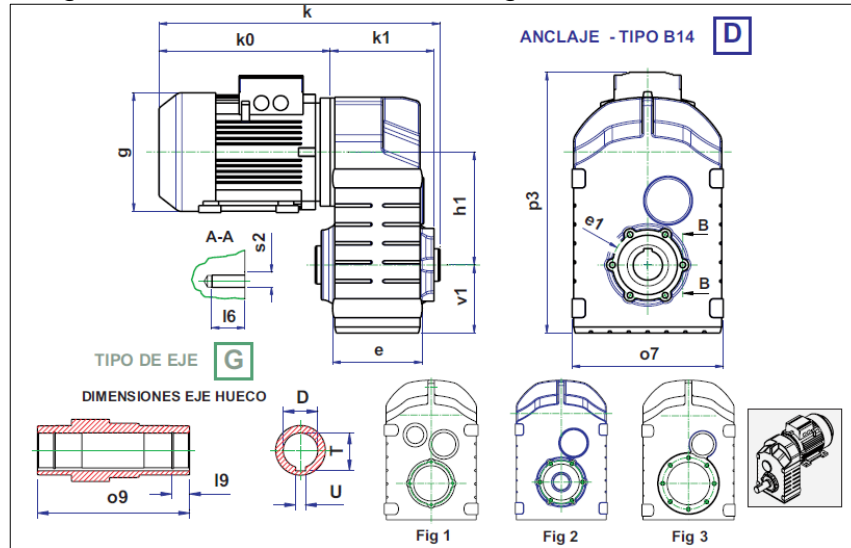
Imagen 30. Catalogo Motorreductores

TÑO RED	n_2	M_2	$i_{trans.}$	F_s	Codigo	
	[1/min]	[Nm]	[-]	[-]	Equipo	
	Kw / Hp 0.18 / 0.25 - Frame - Polos 63 - 4					
FG02	26.2	65.6	65.22	2.9	2202	22H G04
	23.4	73.4	72.97	2.6	2202	22I G04
	22.0	78.2	77.78	2.4	2202	22J G04
	19.2	89.4	88.94	2.1	2202	22K G04
	16.6	103.3	102.71	1.8	2202	22L G04
	15.4	111.5	110.89	1.7	2202	22M G04
	Kw / Hp 0.25 / 0.33 - Frame - Polos 63 - 4					

Fuente: RAMFE. Reductores. [en línea]. Recuperado de: <http://www.ramfe.com.co/archivos/179.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

4.4.3 Diseño del eje de transmisión. Puesto que las dimensiones de motorreductor biaxial (anexo J), el diámetro de salida de potencia es de 30 mmm y una altura de cuñero de 3mm como se muestra a continuación;

Imagen 31. Perfil motorreductor engranes helicoidales



Fuente: RAMFE. Reductores. [en línea]. Recuperado de: <http://www.ramfe.com.co/archivos/179.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

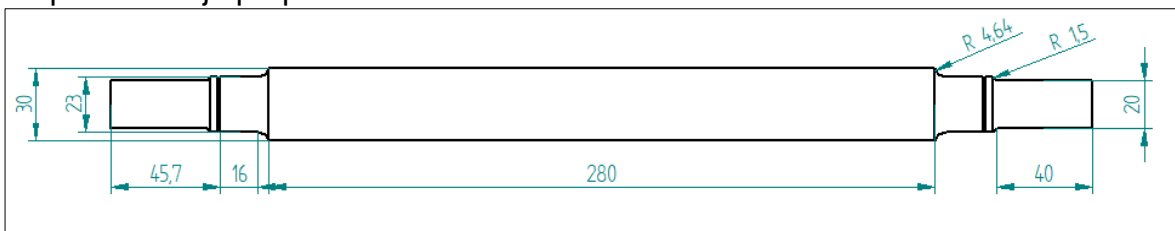
Imagen 32. Dimensiones motorreductor

TAMAÑO	Motor	D	e	e1	g	h1	k	k0	k1	19	o7	p3	s2	T	v1
FG02	63	30	95	90	120	120	336	217	114	16	165	310	M6	33	75
	71				148		329	210				303			
	80				163		353	234				309			
	90	136		Fig 1	181		400	281				317	14	10	

Fuente: RAMFE. Reductores. [en línea]. Recuperado de: <http://www.ramfe.com.co/archivos/179.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

A continuación, se propone un perfil de eje fabricado en un acero 1045 de transmisión donde se monta el motorreductor siendo la entrada de potencia, los piñones y un elemento mecánico a los extremos como soporte para equilibrar los pesos soportados por los piñones seleccionando una chumacera.

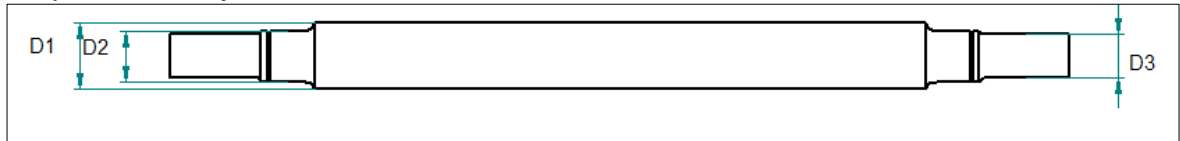
Esquema 9. Eje propuesto



Fuente: Elaboración propia

Para comprobar los diámetros seleccionados debido a la geometría del conjunto de transmisión, se realiza un chequeo de diámetros para determinar los diámetros mínimos de diseño;

Esquema 10. Eje



Fuente: Elaboración propia

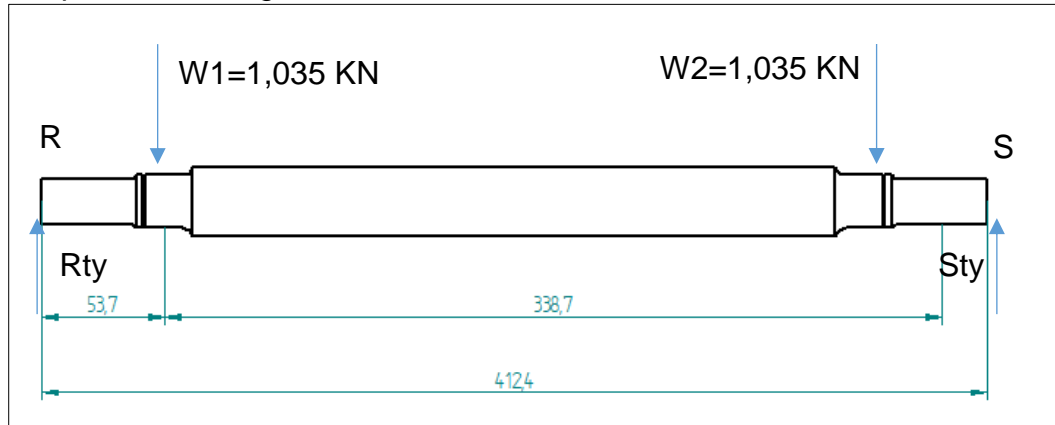
Donde;

D1= Diámetro de entrada de potencia

D2= Diámetro de piñón

D3= Diámetro radamiento

Esquema 11. Diagrama de fuerzas



Fuente: Elaboración propia

➤ Sumatoria de fuerzas;

$$\sum F_x=0$$

$$\sum F_y=0$$

$$R_{ty}+S_{ty}-(W1+W2)=0$$

Donde;

R_{ty} = Reacción chumacera

S_{ty} = Reacción chumacera

$W1$ = Fuerza piñón

$W2$ = Fuerza piñón

$$R_{ty}+S_{ty}-(1,035\text{KN}+1,035\text{KN})=0$$

$$R_{ty}+S_{ty}= 2,07\text{KN}$$

Sumatoria de momentos en el punto S;

$$\curvearrowright + \sum M_A = 0$$

$$-W_1(0,05m) - W_2(0,3m) + S_{ty}(0,4m) = 0$$

$$-1,035\text{KN}(0,05m) - 1,035\text{KN}(0,3m) + S_{ty}(0,4m) = 0$$

$$S_{ty} = 0,414 / 0,4$$

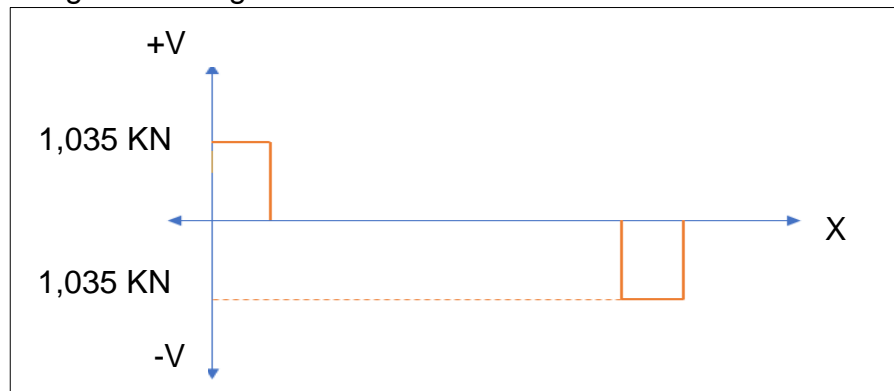
$$S_{ty} = 1,035\text{KN}$$

Remplazando en la ecuación de $\sum F_y = 0$;

$$R_{ty} = 2,07\text{KN} - 1,035\text{KN}$$

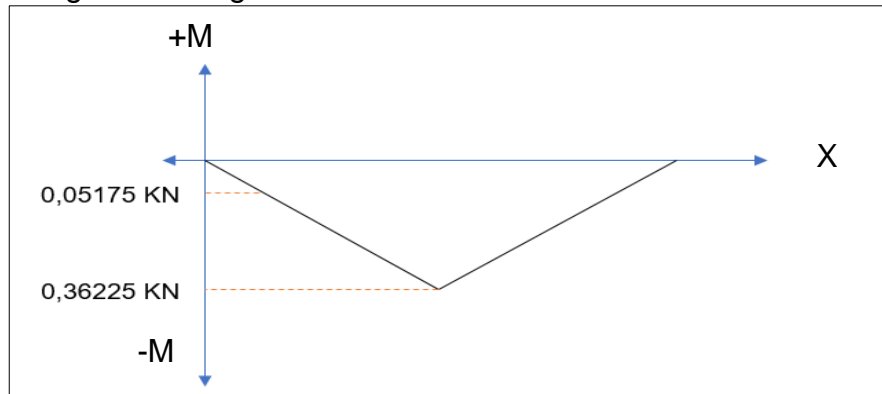
$$R_{ty} = 1,035\text{KN}$$

Imagen 33. Diagrama de fuerza cortante



Fuente: Elaboración propia

Imagen 34. Diagrama de momento flector



Fuente: Elaboración propia

Se puede determinar de estos diagramas que la fuerza máxima es de 1,035 KN y el momento máximo es de 0,36225 KN.

- Para el cálculo del esfuerzo flector, basado en el método de esfuerzos, de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición), en el capítulo 3 sección 3-10 se podrá observar la ecuación para esfuerzo máximo;

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

Donde;

σ = Esfuerzo flector

M = Momento máximo

C = Distancia del eje neutro a la fibra más lejana (h/2)

I = Momento de inercia del perfil circular $\frac{1}{4} \pi r^4$

La selección tomada del catálogo es HEM 280;

$$\sigma = \frac{0,36225 \text{KN} \cdot \frac{23 \text{ mm}}{2} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \left(\frac{23 \text{ mm}}{2} \cdot \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^4}$$

$$\sigma = 43.323,84 \text{ KPa}$$

$$\sigma = 43.323,84 \text{ KPa} \cdot \frac{1 \text{ MPa}}{1.000 \text{ KPa}} ; 43,32 \text{ MPa}$$

- Para el cálculo del esfuerzo cortante, debido a un momento torsor. Basado en el método esfuerzos cortantes flexión de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición), en el capítulo 3 sección 3-11 en la tabla 3-2

$$\tau_{xy} = \frac{F \cdot r}{J}$$

Donde;

τ_{xy} = Esfuerzo cortante

F * R = momento torsor

F = Fuerza cortante

r = radio del eje

J = Modulo polar de inercia $\frac{1}{2} \pi r^4$

$$\tau'_{xy} = \frac{0,36225 \text{ KN} * \frac{81,02 \text{ mm}}{2} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}}{1/2 * \pi * \left(\frac{23 \text{ mm}}{2} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}\right)^4}$$

$$\tau'_{xy} = 17.551,29 \text{ KPa} * \frac{1 \text{ MPa}}{1.000 \text{ KPa}} ; 17,55 \text{ MPa}$$

- Basado en el método de diseño del círculo de Mohr del esfuerzo plano de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-6

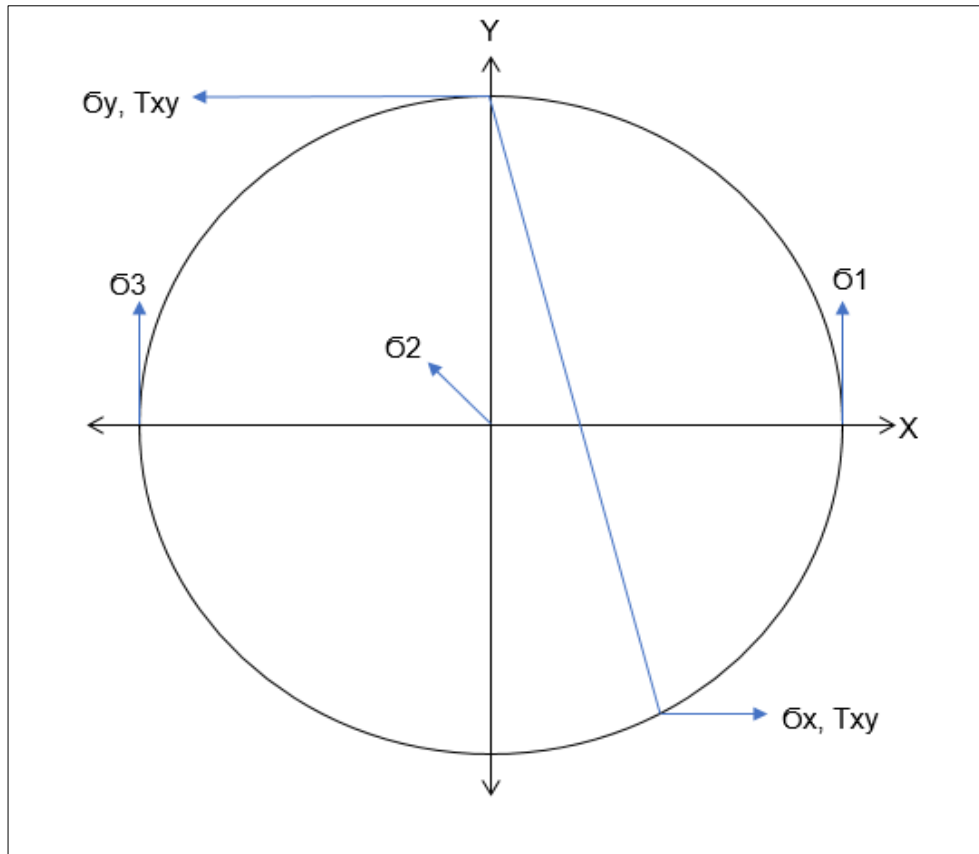
$$\sigma_x = 43,32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau_{xy} = 17,55 \text{ MPa}$$

- Para el círculo de Mohr se realiza por medio de parejas dando unos puntos en el plano $\sigma_x, -\tau_{xy}$ y σ_y, τ_{xy} consiguiendo así los esfuerzos σ_1, σ_2 y σ_3 ;

Imagen 35. Círculo de Mohr (caso general)



Fuente: Elaboración propia

En el círculo de Mohr se pueden obtener el centro y el radio del círculo;

C'' = Centro del círculo

R'' = Radio del círculo

Se calculan de la siguiente forma;

$$C'' = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}$$

$$C'' = \frac{43,32 \text{ MPa} - 0 \text{ MPa}}{2}$$

$$C'' = 21,66 \text{ MPa}$$

$$R'' = \sqrt{\left(\frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2}\right)^2 + T_{xy}^2}$$

$$R'' = \sqrt{\left(\frac{(43,32 \text{ MPa} - 0 \text{ MPa})}{2}\right)^2 + (17,55 \text{ MPa})^2}$$

$$R'' = 27,88 \text{ MPa}$$

Para calcular los esfuerzos σ_1 , σ_2 y σ_3 son;

$$\sigma_1 = C'' + R''$$

$$\sigma_1 = 21,66 \text{ MPa} + 27,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 49,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \sigma_x$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = C'' - R''$$

$$\sigma_3 = 21,66 \text{ MPa} - 27,88 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = -6,21 \text{ MPa}$$

La teoría de falla de Von Mises es el método seleccionado para conocer el esfuerzo máximo teniendo en cuenta que esta teoría es utilizada teniendo en cuenta los siguientes parámetros;

- La carga a la cual está sometida la viga es una carga estática
- El material cuenta con características isotrópicas
- El material es dúctil

El teorema de falla de Von Mises se realiza mediante la siguiente ecuación

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(49,54\text{MPa} - 0)^2 + (49,54\text{Mpa} - (-6,21\text{Mpa}))^2 + (0 - (-6,21\text{Mpa}))^2}{2}}$$

$$\sigma_{vm} = 42,75 \text{ MPa}$$

- Para calcular el factor de seguridad se basa en de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) capítulo 5 sección 5-5. El límite de fluencia del material estructural el cual es utilizado para la fabricación de vigas de la empresa PERFILES & VIGAS S.A.S. es SAE es de 310 Mpa

Imagen 36. Propiedades SAE 1006

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESA-MIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in. %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111

Fuente: LIM. Tabla A-20. [en línea]. Recuperado de: http://lim.ii.udc.es/docencia/din_sismec/Propiedades_aceros.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

$$F_s = \frac{LFM}{\sigma_{vm}}$$

Donde;

Fs= Factor de seguridad

LMF Límite de fluencia del material

$\bar{\sigma}_{vm}$ = Esfuerzo de Von Mises

$$F_s = \frac{170 \text{ MPa}}{42,75 \text{ MPa}}$$

$$F_s = 3,9$$

Dado que el factor de seguridad, para diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición), está comprendido entre 1,5 y 3,5, para este caso el factor de seguridad excede el valor máximo sugerido. Por la razón de que se escoge un material con un límite de fluencia alto, contemplando que se diseña para ciclos de vida infinita en torsión asegurando que el eje en su periodo de vida no falle, también se tiene en cuenta que esta parte del eje, es la que se ve más afectada debido a la torsión ejercida por el piñón.

También se contempla este factor de seguridad adicional para dar certeza de que el diámetro que recibe el momento torsor, dado por el motorreductor su factor de seguridad este entre 1,5 y 3,5 este se determina de la siguiente forma;

- Para calcular la teoría de fatiga de Goodman se basa en el diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) capítulo 6 sección 9. La teoría de fatiga se realiza a continuación;

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f * S'_e$$

Donde;

Ka= Factor de modificación por la condición superficial

Kb= Factor de modificación por el tamaño

Kc= Factor de modificación por la carga

Kd= Factor de modificación por la temperatura

Ke= Factor de confiabilidad

Kf= Factor de modificación por efectos varios

S'e= Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Se= límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso

$$K_a = a * S_{ut}^b$$

Imagen 37. Factor de modificación por la condición superficial (Ka)

donde S_{ut} es la resistencia mínima a la tensión y los valores de a y b se encuentran en la tabla 6-2.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 274

$$K_a = 57,7(570\text{MPa})^{-0,718}$$

$$K_a = 0,6$$

Imagen 38. Factor de modificación por el tamaño (Kb)

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d < 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (6-20)$$

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 275

$$K_b = 1,24 (0,02\text{m})^{-0,107}$$

$$K_b = 1,88$$

Imagen 39. Factor de modificación por la carga (Kc)

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases} \quad (6-26)$$

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 277

$$K_c = 0,59$$

Factor de modificación por la temperatura Kd;

Imagen 40. Nota aclaratoria factor de temperatura ambiente

¹⁷ Use esto sólo para la carga por fatiga torsional. Cuando la torsión está combinada con otros esfuerzos, como la flexión, $k_c = 1$ y la carga combinada se maneja usando el esfuerzo de von Mises efectivo como en la sección 5-5. *Nota:* Para la torsión pura, la energía de distorsión predice que $(k_c)_{\text{torsión}} = 0.577$.
¹⁸ Para más datos, vea la tabla 2 de la norma para ejes ANSI/ASME B106. 1M-1985 y E.A. Brandes (ed.), *Smithell's Metals Reference Book*, 6a ed., Butterworth, Londres, 1983, pp. 22-134 a 22-136, donde se tabulan los límites de resistencia a la fatiga de 100 a 650°C.

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 277

$$K_d = 1$$

Factor de confiabilidad Ke;

Imagen 41. Factor de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 274

Factor de modificación por efectos varios Kf;

Este factor toma el valor de 1 debido a que el eje no sufre efectos externos a los que el mismo genera.

Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria S'_e ;

$$S'_e = 0,5(S_{ut})$$

$$S'_e = 0,5(570\text{MPa})$$

$$S'_e = 285\text{MPa}$$

$$S_e = 0,6 * 1,88 * 0,59 * 1 * 0,753 * 1 * 285 \text{ MPa}$$

$$S_e = 144,59 \text{ MPa}$$

Para realizar el cálculo de Goodman para ciclos infinitos está determinado por la siguiente ecuación;

$$\frac{1}{n} = \frac{\sigma_a'}{S_e} + \frac{\sigma_m'}{S_{ut}}$$

Donde;

n = Factor de seguridad

σ_a' = Esfuerzo alternante

σ_m' = Esfuerzo medio

S_e = Límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso

S_{ut} = Resistencia última a la tracción

$$\sigma_a' = \sqrt{(K_f \sigma_a)^2 + 3 (K_f T_a)^2}$$

$$\sigma_m' = \sqrt{(K_{fs} \sigma_m)^2 + 3 (K_{fs} T_m)^2}$$

Donde;

K_f = Factor de concentración de esfuerzos por fatiga = $1 + \sigma_{normal}(k_t - 1)$

K_{fs} = Factor de concentración de esfuerzos por torsión $1 + T_{xy} (k_{ts} - 1)$

σ_a = Amplitud de esfuerzo normal

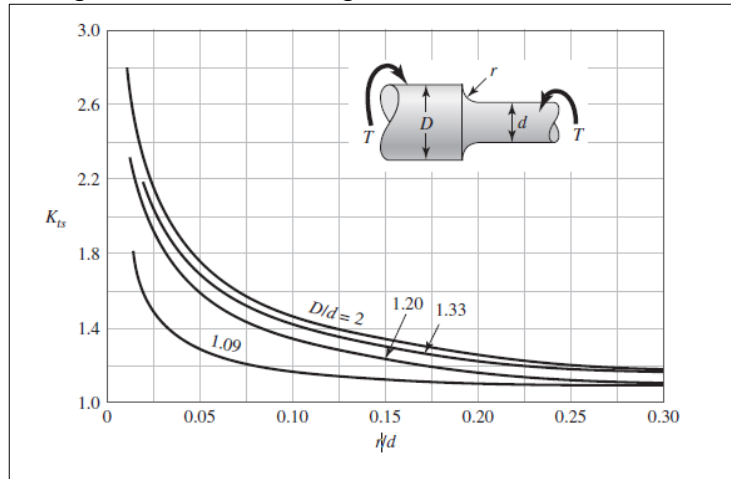
T_a = Amplitud del esfuerzo torsor

σ_m = Esfuerzo normal medio

T_m = Esfuerzo torsor medio

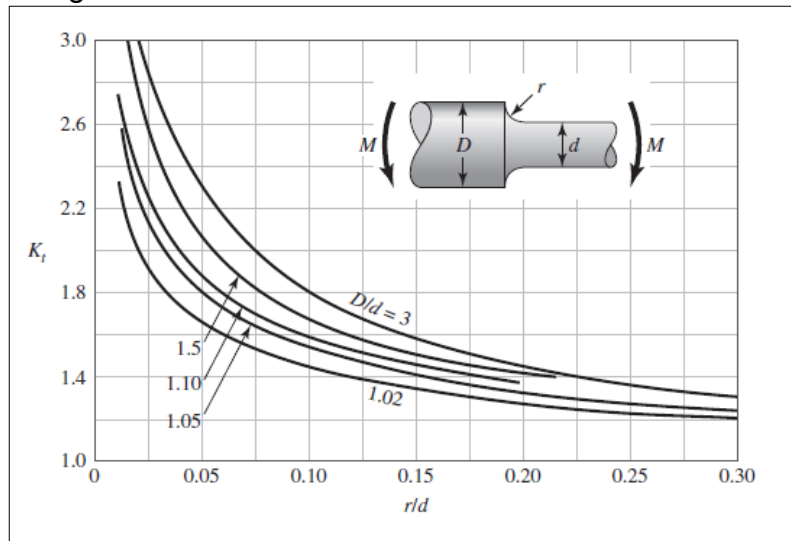
- Para calcular los factores de concentración de esfuerzo por fatiga y torsión se basa en el diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) apéndice A figuras 15-8 y 15-9 respectivamente

Imagen 42. Factor Fatiga



Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México Mc Graw Hill. 2008. p. 274

Imagen 43. Factor torsión



Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México Mc Graw Hill. 2008. p. 274

$$D/d = 30\text{mm}/23\text{mm}; D/d = 1,3$$

$$r/d = 4,64\text{mm}/23\text{mm}; r/d = 0,2$$

Dado estos valores y las gráficas pertinentes $K_t = 1,3$ y $K_{ts} = 1,5$ y $k_f = 1,6$ y $1,8$ kfs

$$\sigma_a' = \sqrt{(1,8 \cdot 43,32 \text{ MPa})^2 + 3 \cdot (1,6 \cdot 0)^2}$$

$$\sigma_a' = 77,98 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m' = \sqrt{(1,8 \cdot 0)^2 + 3 \cdot (1,6 \cdot 17,55 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma_m' = 48,6 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{n} = \frac{77,98 \text{ MPa}}{144,59 \text{ MPa}} + \frac{48,6 \text{ MPa}}{300 \text{ MPa}}$$

$$n = 1,25$$

4.5 CÁLCULO DE LA PLACA SUPERIOR

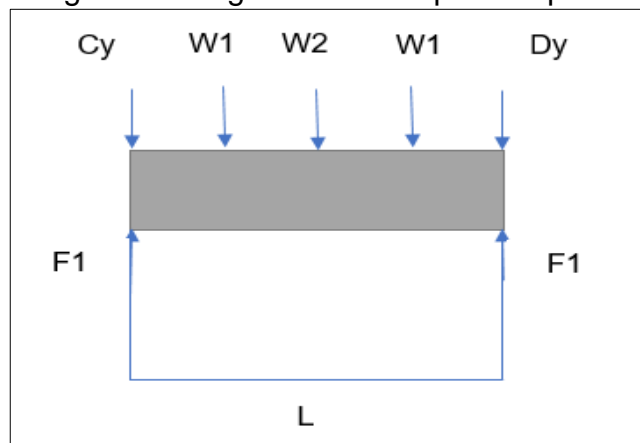
A continuación, se desarrolla el cálculo de la viga de elevación para la hincadora.

Basándose en el método de equilibrio y diagramas de cuerpo libre de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-1 se realiza el cálculo de la viga de nivelación como se observa a continuación.

4.5.1 Distribución de cargas. Se usa el método de equilibrio y diagramas de cuerpo libre, teniendo en cuenta los siguientes pasos;

- Realizar el diagrama de cuerpo libre de la placa, definiendo los puntos donde se encuentran las fuerzas y reacciones transmitidas por la fuerza realizada por el empujador, el motorreductor y el peso de izaje de la viga junto con el empujador hidráulico;

Imagen 44. Diagrama de cuerpo libre placa

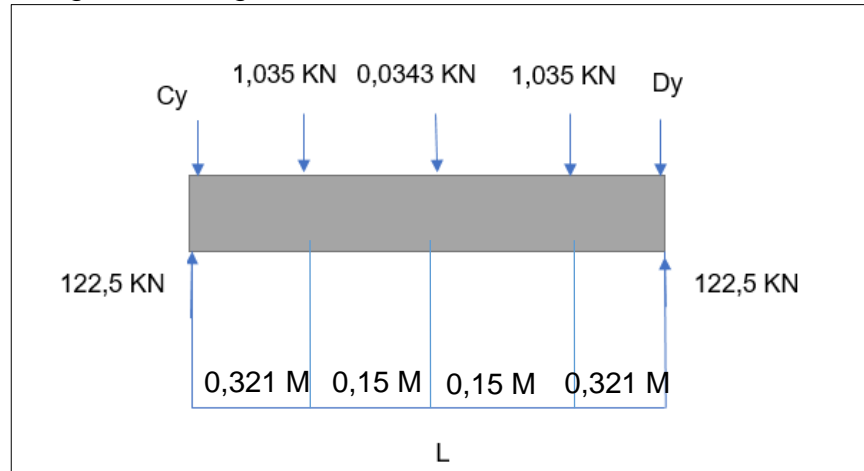


Fuente: Elaboración propia

Donde;

F1= Fuerza transmitida en cada aleta de la columna
 W1= Peso soportado por el sistema de cadenas (Wt/2)
 W2= Peso del motorreductor
 Cy= Reacción generada
 Dy= Reacción generada

Imagen 45. Diagrama de fuerzas



Fuente: Elaboración propia

➤ Sumatoria de fuerzas;

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F1 - C_y - W1 - W2 - W1 - D_y + F1 = 0$$

$$122,5 \text{ KN} - C_y - 1,035 \text{ KN} - 0,0343 \text{ KN} - 1,035 \text{ KN} - D_y + 122,5 \text{ KN} = 0$$

$$-C_y - D_y = -242,88 \text{ KN}$$

$$C_y + D_y = 242,88 \text{ KN}$$

Sumatoria de momentos en el punto A;

$$\sum M_A = 0$$

$$-W1(0,321\text{m}) - W2(0,471\text{m}) - W1(0,621\text{m}) - D_y(0,942) + F1(0,942\text{m}) = 0$$

$$-1,035\text{KN}(0,321\text{m})-0,0343\text{ KN}(0,471\text{m})-1,035\text{ KN}(0,621\text{m})-D_y(0,942)+122,5\text{KN}(0,942\text{m})=0$$

$$D_y= 114,40\text{KN}\cdot\text{m}/0,942\text{m}$$

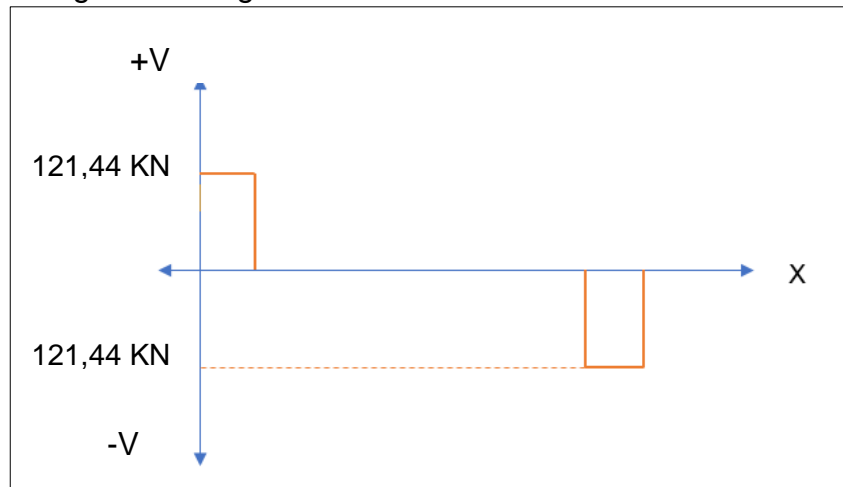
$$D_y= 121,44\text{KN}$$

Remplazando en la ecuación de $\sum F_y=0$;

$$C_y= 242,88\text{ KN}-121,44\text{ KN}$$

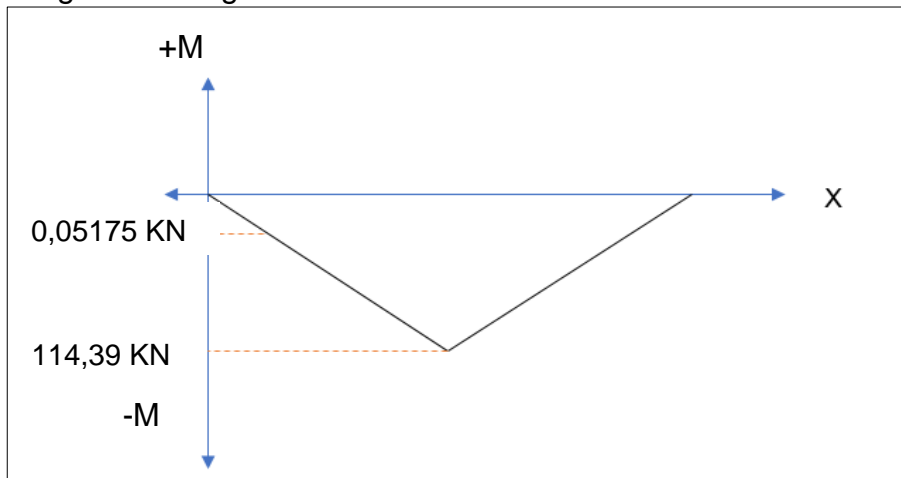
$$C_y=121,44\text{ KN}$$

Imagen 46. Diagrama de fuerza cortante



Fuente: Elaboración propia

Imagen 47. Diagrama de momento flector



Fuente: Elaboración propia

Se puede determinar de estos diagramas que la fuerza máxima es de 121,44 KN y el momento máximo es de 114,39 KN.

- Para el cálculo del esfuerzo basado en el método de esfuerzos normales para vigas en flexión de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-10 se podrá observar la ecuación para esfuerzo máximo;

$$\sigma = \frac{MC}{I}$$

Donde;

σ = Esfuerzo

M = Momento máximo

C = Distancia del eje neutro a la fibra más lejana ($h/2$) = (50mm/2)

I = Momento de inercia del perfil cuadrado es $I = h^3$

La selección tomada del catálogo es HEM 280;

$$\sigma = \frac{114,39 \text{ KN} * \frac{50 \text{ mm}}{2} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}}{0,942 \text{ m} * \left(\frac{50 \text{ mm}}{2} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)^3}$$

$$\sigma = 291.439,49 \text{ KPa}$$

$$\sigma = 291.439,49 \text{ KPa} * \frac{1 \text{ MPa}}{1.000 \text{ KPa}} ; 291,43 \text{ MPa}$$

- Para el cálculo de cortante basado en el método esfuerzos cortantes para vigas en flexión de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-11 en la tabla 3-2 se puede apreciar el esfuerzo cortante para perfiles en H;

$$\tau_{xy} = \frac{F}{A}$$

Donde;

τ_{xy} = Esfuerzo cortante

F = Fuerza cortante

A = Area ($L * h$)

$$\tau_{xy} = \frac{121,44 \text{ KN}}{0,942 * \left(\frac{50 \text{ mm}}{2} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right)}$$

$$\tau'_{xy} = 2.578,34 \text{ KPa} * \frac{1 \text{ MPa}}{1.000 \text{ KPa}} ; 2,57 \text{ MPa}$$

- Basado en el método de diseño del círculo de Mohr del esfuerzo plano de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-6

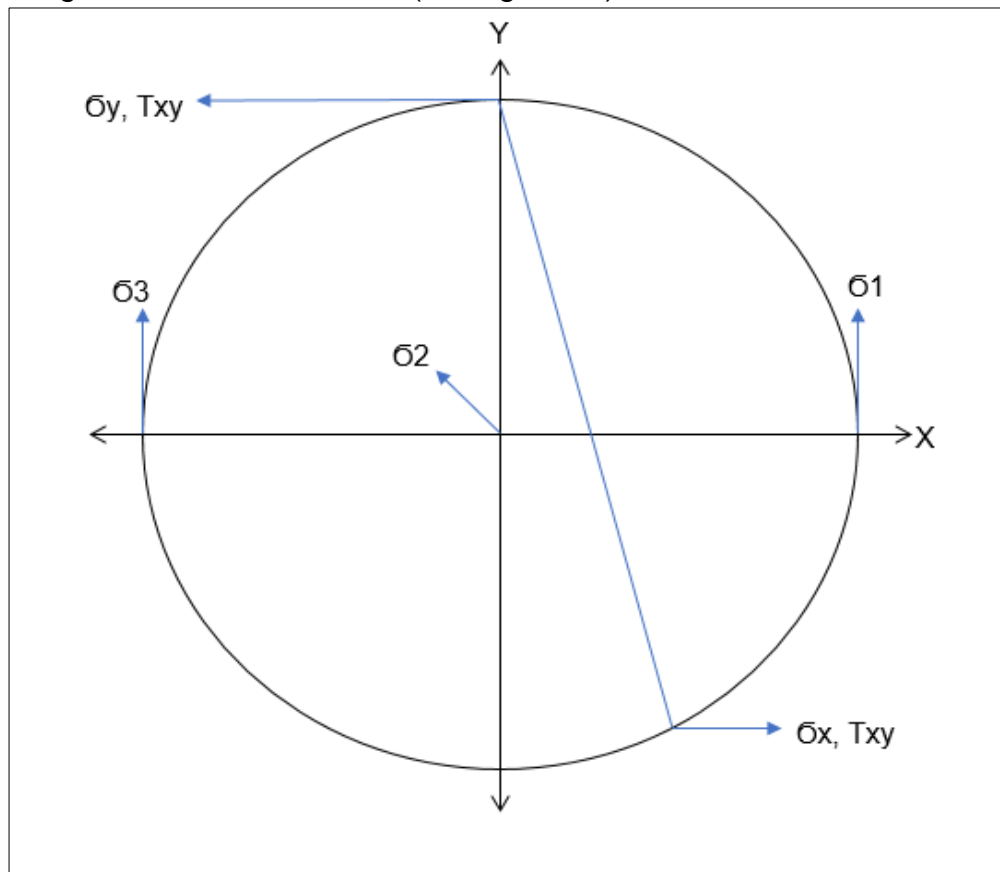
$$\sigma_x = 291,43 \text{ MPa}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau_{xy} = 2,57 \text{ MPa}$$

- Para el círculo de Mohr se realiza por medio de parejas dando unos puntos en el plano $\sigma_x, -\tau_{xy}$ y σ_y, τ_{xy} consiguiendo así los esfuerzos σ_1, σ_2 y σ_3 ;

Imagen 48. Círculo de Mohr (caso general)



Fuente: Elaboración propia

En el círculo de Mohr se pueden obtener el centro y el radio del círculo;

C'' = Centro del círculo

R'' = Radio del círculo

Se calculan de la siguiente forma;

$$C'' = \frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}$$

$$C'' = \frac{291,43 \text{ MPa} - 0 \text{ MPa}}{2}$$

$$C'' = 145,72 \text{ MPa}$$

$$R'' = \sqrt{\left(\frac{(\sigma_x - \sigma_y)}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$R'' = \sqrt{\left(\frac{(291,43 \text{ MPa} - 0 \text{ MPa})}{2}\right)^2 + (2,57 \text{ MPa})^2}$$

$$R'' = 145,74 \text{ MPa}$$

Para calcular los esfuerzos σ_1 , σ_2 y σ_3 son;

$$\sigma_1 = C'' + R''$$

$$\sigma_1 = 145,74 \text{ MPa} + 145,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 291,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \sigma_x$$

$$\sigma_2 = 0$$

$$\sigma_3 = C'' - R''$$

$$\sigma_3 = 145,74 \text{ MPa} - 145,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_3 = 0$$

La teoría de falla de Von Mises es el método seleccionado para conocer el esfuerzo máximo teniendo en cuenta que esta teoría es utilizada teniendo en cuenta los siguientes parámetros;

- La carga a la cual está sometida la viga es una carga estática
- El material cuenta con características isotrópicas
- El material es dúctil

El teorema de falla de Von Mises se realiza mediante la siguiente ecuación

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}}$$

$$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(145,74\text{MPa} - 0)^2 + (145,74\text{Mpa} - (0))^2 + (0 - (0))^2}{2}}; \sigma_{vm} = 291,46 \text{ MPa}$$

El límite de fluencia del material estructural es el acero SAE 1020 calibrado con un límite de fluencia de 441 MPa

Imagen 49. Propiedades acero 1020

Estado de suministro	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell aprox.
Laminado en caliente	441	196	25	45	140 / 180
Normalizado	490 - 588	343	30	55	150
Recocido	441 - 539	294	35	60	130 / 150
Calibrado	539 - 686	441	10	35	180 / 220
Cementado, templado y rev.	686 - 833	441	15	45	-----

COMPOSICION QUÍMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.18 0.23	0.3 0.6	0.04	0.05	0.15 0.3

Fuente: CIA. GENERAL DE ACEROS S.A. SAE 1020 Y SAE 1045. [en línea]. Recuperado de: <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013AneXos.pdf?sequence=2> (Citado 06 de febrero 2019)

Donde;

Fs= Factor de seguridad

LMF Límite de fluencia del material

σ_{vm} = Esfuerzo de Von Mises

$$F_s = \frac{441 \text{ Mpa}}{291,46 \text{ Mpa}}$$

$$F_s = 1,5$$

4.6 SOLDADURA

Para realizar el desarrollo en cuanto a la soldadura se realiza un estudio para la unión de la columna con la placa superior y con las bases en la parte inferior, donde se establece el cálculo, selección y posición de la correcta soldadura.

Para el tipo de uniones de elementos estructurales en acero es común utilizar soldaduras E70 donde se puede evidenciar que las propiedades mínimas del metal de aporte basado en el diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 9 sección 9-5 como se muestra a continuación;

Imagen 50. Propiedades mínimas del metal aporte

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 468

Imagen 51. Coeficientes de soldadura

Tipo de soldadura	
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 468

Donde (1ksi = 6,98MPa), el coeficiente de soldadura respectivamente es (C= 1.2), por diseño de los componentes de la máquina el tipo de junta a emplear corresponde a (T), con soldadura de filete.

Para obtener el espesor de la garganta se necesita conocer las dimensiones del perfil a soldar, en este caso corresponde a una longitud de cordón de 330 mm y un espesor de 50 mm. Basándose en el diseño de estructuras de acero (5th edición) en el capítulo 14 sección 2;

$$Rdp = \theta * Fy * Ag$$

Donde;

Rdp= Resistencia de diseño de la placa

θ = Constante (0.90)

Fy= Esfuerzo de fluencia del material (Imagen 48)

Ag= Área bruta (330mm*20mm) = 6.600mm²

Imagen 52. Propiedades acero ASTM A 572 grado 50

Composición Química						
%C (máx.)	%Mn (máx.)	%Si (máx.)	%P (máx.)	%S (máx.)	%V	%Nb
0,23	1,35	0,40	0,04	0,05	0,01 - 0,15	0,005 - 0,05

Propiedades Mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)		Elongación
(Kg/mm ²)	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
35 (mín)	345 (mín.)	46 (mín)	450 (mín.)	21 (mín.)

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío		
Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (Incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (Incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (Incl.)
1,5 X E	1,5 X E	2,0 X E

Fuente: ACEROS OTERO. Productos. [en línea]. Recuperado de: http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a572_gr50.html (Citado 06 de febrero 2019)

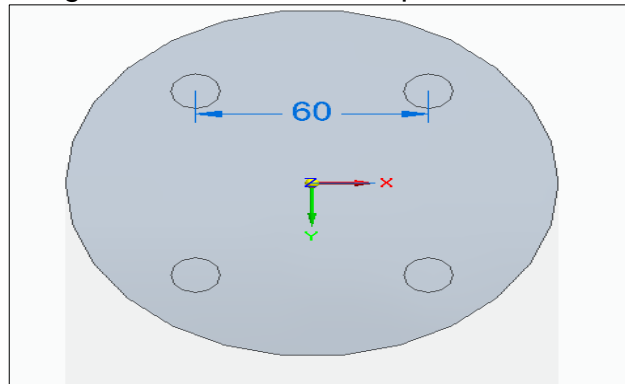
$$Rdp = 0.90 * 35 \text{ Kg/mm}^2 * (6.600 \text{ mm}^2) = 207.900 \text{ Kg}$$

Dado este resultado se puede concluir que la soldadura tiene una resistencia de 207,9 toneladas de fuerza por tanto se puede concluir que el cordón soportará los esfuerzos a los cuales esta sometida la estructura.

4.7 PERNOS

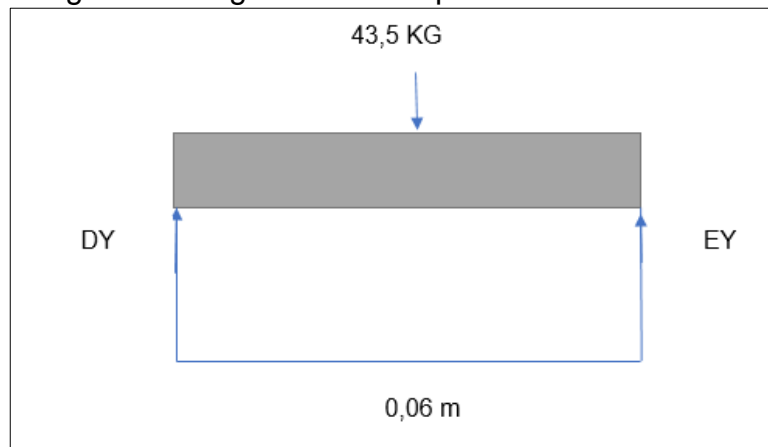
Basándose en el método de equilibrio y diagramas de cuerpo libre de diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 3 sección 3-1 se realiza el cálculo de los pernos teniendo en cuenta el peso del empujador hidráulico y la distancia entre pernos (anexo A) como se observa a continuación;

Imagen 53. Distancia entre pernos



Fuente: Elaboración propia

Imagen 54. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Elaboración propia

$$F = 43,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N}$$

$$F = 426,3 \text{ N} \cdot 1 \text{ KN} / 1000 \text{ N}$$

$$F = 0,42 \text{ KN}$$

➤ Sumatoria de fuerzas;

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$D_y - 0,42 \text{ KN} + E_y = 0$$

$$D_y + E_y = 0,42 \text{ KN}$$

Sumatoria de momentos en el punto A;

$$\curvearrowright + \sum M_A = 0$$

$$-0,42 \text{ KN}(0,03 \text{ m}) + E_y(0,6 \text{ m}) = 0$$

$$E_y = 0,0126 \text{ KN} \cdot \text{m} / 0,6 \text{ m}$$

$$D_y = 0,021 \text{ KN}$$

Remplazando en la ecuación de $\sum F_y = 0$;

$$D_y = 0,042 \text{ KN} - 0,021 \text{ KN}$$

$$D_y = 0,021 \text{ KN}$$

Como se pudo observar en la imagen 49 el empujador estará sujeto a 4 pernos que soportan una fuerza cada uno de 0,021 KN, se realiza un cálculo de factor de seguridad contra fluencia por esfuerzo estático de cargas ya que el perno propuesto por el fabricante es de 1/2" por una longitud de 60 mm por M10

Basado en el diseño en ingeniería mecánica de Shigley (9th edición) en el capítulo 8 sección 8-53 como se muestra a continuación;

$$n_p = \frac{S_p \cdot A_t}{C P + F_i}$$

Donde;

n_p = Factor de seguridad

S_p = Resistencia de prueba mínima

A_t = Área de esfuerzo a la tensión

C = $k_b / k_l \cdot k_m$

P = Carga

F_i = Precarga ($0,75 \cdot A_t \cdot S_p$)

Imagen 55. Área de esfuerzo a la tensión

Diámetro mayor nominal d , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p , mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 394

Imagen 56. Resistencia de prueba mínima

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, † MPa	Resistencia mínima a la tensión, † MPa	Resistencia mínima a la fluencia, † MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	

Fuente: BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J Keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill. 2008. p. 416

$$n_p = \frac{225.000 \text{KN} \cdot (84,3 \text{mm} \cdot 1 \text{mm}^2 / 1.000^2 \text{m}^2)}{(6,78 / 6,78 + 17,4) \cdot 0,021 \text{KN} + (225.000 \text{KN} \cdot (84,3 \text{mm} \cdot 1 \text{mm}^2 / 1.000^2 \text{m}^2) + 0,75)}$$

$$n_p = 1,3$$

Dado de que el valor del factor de seguridad se encuentra entre 1,2 y 3,5 se puede concluir que los pernos soportaran la carga a la cual están sometidas.

4.8 SELECCIÓN DE LA CUÑA

Para la selección de la cuña como elemento de conexión entre el eje y los piñones se opta por un perfil cuadrado puesto que tiene la función de transmitir potencia y torque del motorreductor al eje y esté a su vez a los piñones.

A continuación, se muestra una tabla estándar para la selección de las cuñas dependiendo el diámetro del eje;

Imagen 57. Tamaño de la cuña en función del diámetro

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 1/8	5/16	5/16	1/4
1 1/8	1 1/4	3/8	3/8	1/4
1 1/2	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/2	3/4	3/4	1/2
3 1/2	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1

Fuente: REPOSITORY. Diseño de cuñas. [en línea]. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016Anexo%209-Dise%C3%B1o%20de%20cu%C3%B1as.pdf?sequence=9&isAllowed=y> (Citado 06 de febrero 2019)

Ya que el diámetro de los ejes es de 30mm y 20 mm se opta seleccionar el perfil de cuña de 1/4 in que son 6,35 mm cuadrada.

4.9 SELECCIÓN DE MORDAZA

Como elemento de agarre entre la viga de elevación y las cadenas, se opta por utilizar un elemento de mecánico como las mordazas para elevación de vigas, con el fin de no realizar agujeros en la viga para no afectar el alma y propiedades de ella y con el objetivo de que permita un ensamble y desmontaje de la mordaza más factible;

Imagen 58. Mordaza



Fuente: BREMEKSAC. Clamp mordaza. [en línea]. Recuperado de: <https://bremeksac.com/producto/mordazas/mordazas-para-viga/clamp-mordaza-para-vigas/> (Citado 06 febrero 2019)

Imagen 59. Propiedades de la mordaza

Modelo	Carga límite de trabajo (lbs.)	Abertura límite (Pulg.)	DIMENSIONES						Peso
			A (Pulg.)	B (Pulg.)	C (Pulg.)	D (Pulg.)	E (Pulg.)	F (Pulg.)	
SC921	2,200	3 to 8-1/4	12.625	12.125	1.750	8.250	5.375	2.625	11.0
SC922	4,400	3 a 8-1/4	12.625	12.875	1.750	8.250	5.375	2.875	13.5
SC923	6,600	4 a 10-5/8	16.125	14.750	1.750	10.625	6.500	4.000	17.5
SC923/	6,600	3 a 12	17.375	16.500	1.750	12.000	8.625	4.000	20.0
SC925	11,000	4 a 10 -5/8	16.125	15.375	2.125	10.625	8.500	4.375	22.0
SC925/	11,000	3 a 12	17.375	17.125	2.125	12.000	8.625	4.375	26.5
SC9210	22,000	3 a 12	18.125	20.000	3.250	12.000	8.625	4.375	35.5

Fuente: BREMEKSAC. Clamp mordaza. [en línea]. Recuperado de: <https://bremeksac.com/producto/mordazas/mordazas-para-viga/clamp-mordaza-para-vigas/> (Citado 06 febrero 2019)

Se selecciona la mordaza SC9210 debido al límite de carga permitida y a la abertura límite para poder sujetar la viga, la cual tiene un ancho de 280 mm.

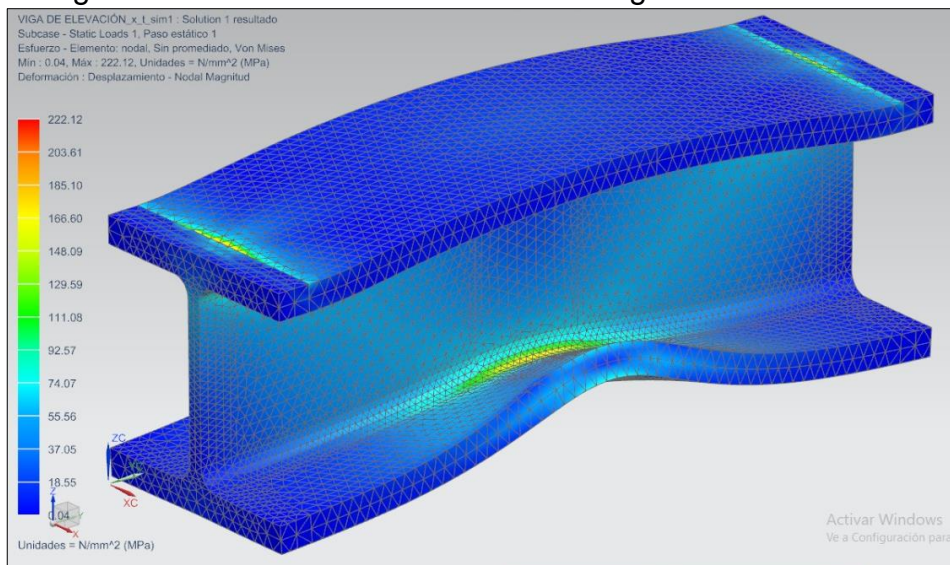
5. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

Para el análisis por elementos finitos se utiliza un software (Nx 12), que permita realizar un chequeo del comportamiento de la viga de elevación que se encuentra sometida a diferentes condiciones de operación.

En este capítulo por medio del software se obtendrá un esfuerzo nodal Von misses el cual será comparado con el límite de fluencia del material (acero A 572) para obtener el factor de seguridad de diseño como comprobación final de un sistema funcional y seguro.

5.1 Viga de elevación. Para el análisis de elementos finitos de la viga de elevación se observan diferentes esfuerzos dadas sus dimensiones, siendo este elemento aquel que se ve afectado debido a que se encuentra en contacto con la fuerza principal.

Imagen 60. Análisis de elementos finitos Viga de elevación



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el esfuerzo Von Mises máximo de la viga de nivelación es de 222,12 MPa dado este valor permite realizar el cálculo del factor de seguridad para garantizar, comprobar la funcionalidad y certeza del diseño, se muestra a continuación;

$$F_s = \frac{\sigma_{falla}}{\sigma_{adm}}$$

Donde;

Fs= Factor de seguridad

σ falla= Límite de fluencia del material 345 Mpa

σ_{vm} = Esfuerzo admisible

$$F_s = \frac{345 \text{ MPa}}{222,12 \text{ MPa}}$$

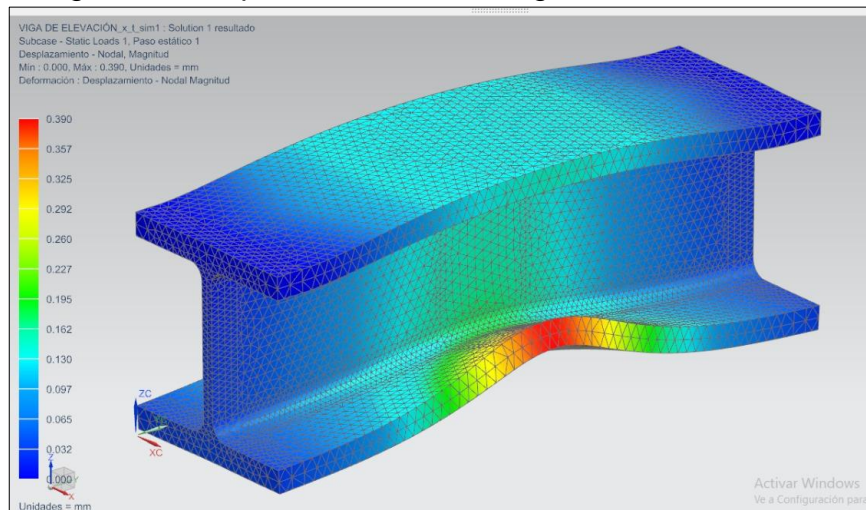
$$F_s = 1,56$$

Ya que el factor de seguridad calculado por medio del software NX de elementos finitos es de 1,56, se puede determinar que este factor de seguridad se encuentra entre el rango (1,25 y 3,5) y a pesar de que el valor es cercano, este resultado se ve afectado por:

- Las reacciones en el cálculo realizado son reacciones pivotadas y en el software son cargas fijas
- El software no tiene en cuenta el círculo de Mohr el cual permite observar los esfuerzos críticos máximos

Por tal razón se recomienda tener en cuenta el factor de seguridad calculado (1,78) puesto que éste tiene en cuenta factores críticos y condiciones de esfuerzos máximos

Imagen 61. Desplazamiento nodal viga de elevación



Fuente: Elaboración propia

Por medio de la imagen se puede determinar que el desplazamiento máximo que tendrá la viga de elevación es de 0,39 mm afectando principalmente las aletas de la viga, más sin embargo se puede notar que en el alma de la viga no muestra puntos críticos siendo en esta parte la mayor concentración de esfuerzo en este elemento.

Imagen 62. Deflexiones máximas permitidas

Tabla N° 02: DEFLEXIONES MÁXIMAS PERMITIDAS POR EL CÓDIGO DEL ACI (ACI-TABLA 9.5.B.)		
TIPO DE MIEMBRO	DEFLEXIÓN QUE SE HA DE CONSIDERAR	LÍMITE DE LA DEFLEXIÓN
1. Techos llanos que no soportan ni están ligados a elementos no estructurales que puedan ser dañados por deflexiones excesivas.	Deflexión inmediata debido a carga viva	$L_n/180$
2. Pisos que no soportan carga, o fijos a elementos no estructurales que es posible sean dañados por grandes deflexiones	Deflexión inmediata debido a carga viva	$L_n/360$
3. Techos o pisos que soportan o están ligados a elementos no estructurales que puedan ser dañados por deflexiones excesivas.	Parte de la flecha total que ocurre después de la colocación de los elementos no estructurales.	$L_n/480$
4. Techos o pisos que soportan o están ligados a elementos no estructurales que no se dañan con deflexiones excesivas		$L_n/240$

Fuente: MORALES GALOC, Miguel Angel. Control de deflexiones [en línea]. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/moralesgaloc/control-de-deflexiones-en-estructuras-de-concreto-armado> (Citado 06 de febrero 2019)

Para determinar si la deflexión máxima permitida en la viga, se trabaja con la siguiente ecuación;

$$Def_{m\acute{a}x} = L/480$$

$$Def_{m\acute{a}x} = 900\text{mm}/480; Def_{m\acute{a}x} = 1,875\text{mm}$$

La deflexión máxima permitida para la viga es de 1,875 mm, dados los datos obtenidos por el software, la deflexión es de 0,39 mm; por lo tanto no excede el límite permitido.

6. MANUALES

6.1 MANUAL DE MONTAJE DE LOS COMPONENTES

En este capítulo se indican los pasos a seguir para la instalación y el óptimo funcionamiento de la máquina hincadora de pilotes. Es de gran importancia que el operador lea, comprenda y ejecute cada uno de los pasos, para garantizar que el hincado salga de manera correcta y así evitar cualquier tipo de incidente.

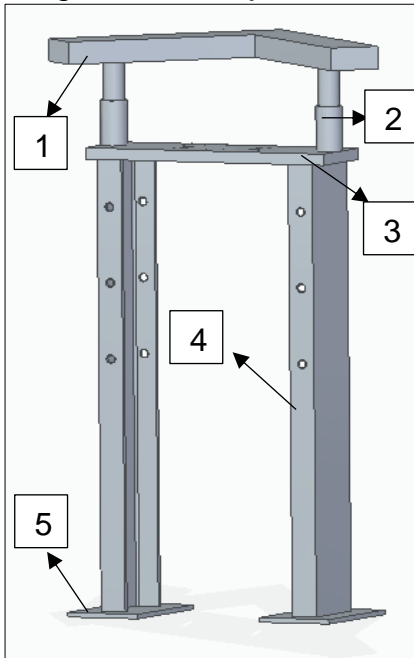
DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

Sistemas que conforman la máquina;

- Estructura. La estructura cuenta con dos columnas de perfil UPE 330 en las cuales van perforados tres agujeros de 30 mm de diámetro cada 33,6 cm. Una placa superior la cual tiene como finalidad ser el apoyo del motorreductor y la unión de las dos columnas. Dos placas inferiores ubicadas cada una justo debajo de las columnas para el apoyo de estas. La estructura debe soportar la fuerza de reacción ejercida por el empujador hidráulico
- Viga de elevación. La viga de elevación es un perfil en I y esta debe soportar las cargas ejercidas por el empujador hidráulico estando sometida a flexión
- Empujador hidráulico. Este va anclado a la viga de forma vertical, he invertido ejerciendo la fuerza de 50 toneladas para el hincado de pilotes
- Sistema hidráulico. La bomba de alimentación que suministra al empujador hidráulico
- Transmisión de movimiento. Va sujeto a la viga de elevación permitiendo que está cambie de posición, verticalmente, para complementar la carrera del empujador hidráulico

6.1.1 Instalación estructura. La estructura está unida por medio de soldaduras entre sí, esto permite que su instalación en el área de trabajo sea más sencilla, este paso consiste el anclaje en la parte superior por medio de tornillos de reacción que están en contacto con la viga estructural del edificio y la placa superior de la estructura para garantizar la rigidez y estabilidad de la máquina como se muestra a continuación;

Imagen 63. Anclaje estructura

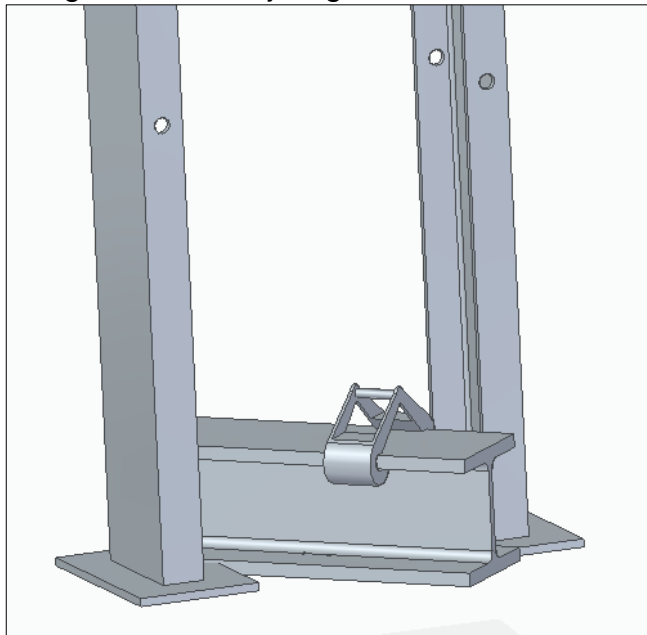


- Viga estructural (edificio) (1)
- Tornillos de reacción (2)
- Placa superior (3)
- Columnas estructurales (4)
- Placas de apoyo (5)

Fuente: Elaboración propia

6.1.2 Montaje viga de elevación. El montaje de la viga se debe realizar con ayuda del sistema de elevación, fijando una de las mordazas de sujeción a una distancia de 30cm de un extremo

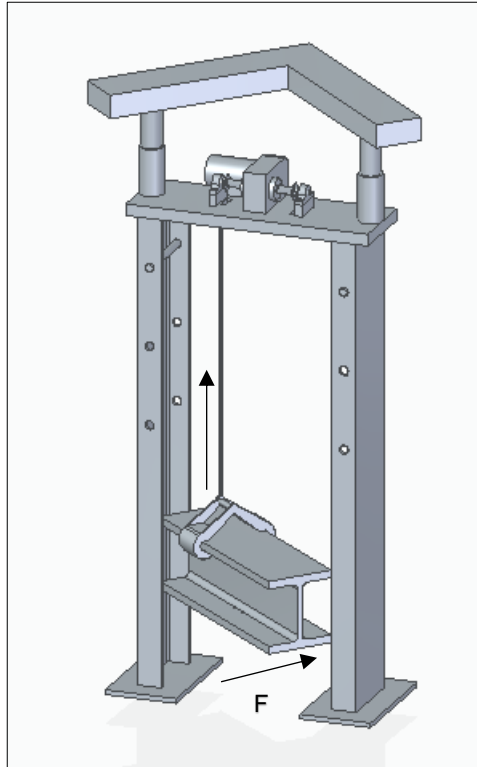
Imagen 64. Montaje viga



Fuente: Elaboración propia

- Teniendo la mordaza asegurada se activa el sistema de elevación hasta una altura que permita dar alojamiento a los dos extremos de la viga dentro de la estructura. Para que esto suceda se debe aplicar una fuerza de empuje a la viga para darle la posición como se muestra a continuación

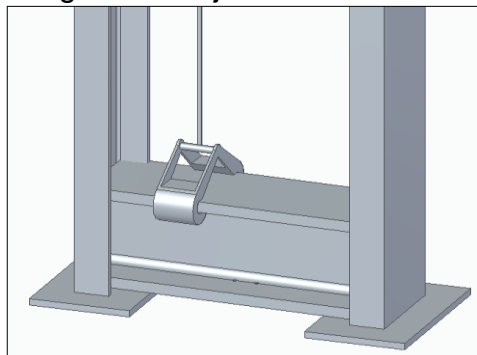
Imagen 65. Montaje viga



Fuente: Elaboración propia

- Al momento de estar la viga dentro de la estructura se devuelve, quedando en posición totalmente horizontal y a ras de piso para dar paso a la sujeción de la mordaza faltante

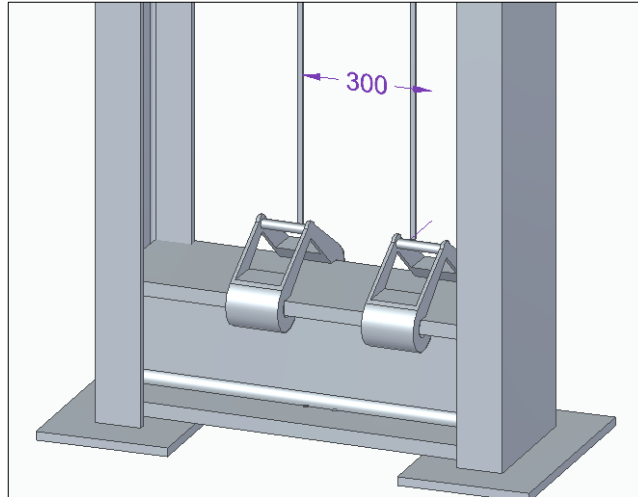
Imagen 66. Sujeción de mordazas



Fuente: Elaboración propia

- Para la ubicación de la mordaza restante se debe tener en cuenta que deben de estar simétricamente distribuidas a lo largo de la viga, con una distancia entre ellas de 300 mm para garantizar el equilibrio al hacer la elevación y así evitar un posible choque de la viga contra la estructura

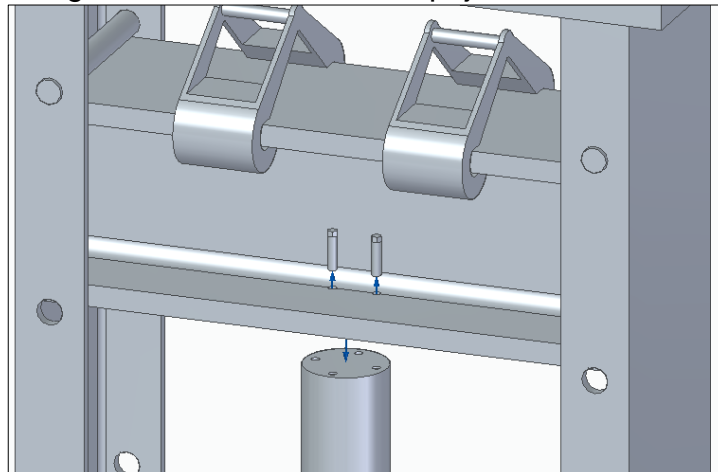
Imagen 67. Mordazas de sujeción



Fuente: Elaboración propia

- Teniendo listas las mordazas se eleva la viga para hacer el montaje del empujador. El empujador se ancla por medio de 4 tornillos de M10

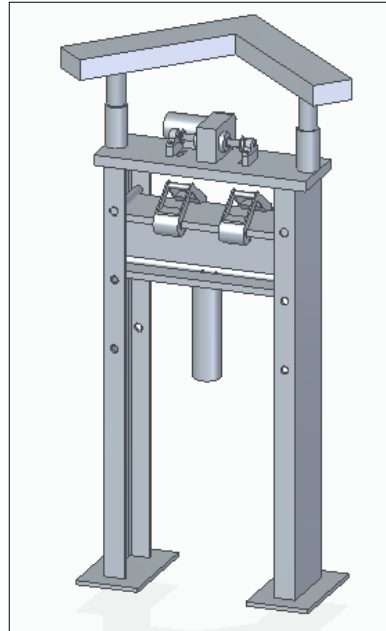
Imagen 68. Ensamble del empujador



Fuente: Elaboración propia

- Con la instalación del empujador se da por terminado el montaje de cada uno de los elementos, poniendo a punto la máquina para comenzar con el proceso de hincado

Imagen 69. Montaje final



Fuente: Elaboración propia

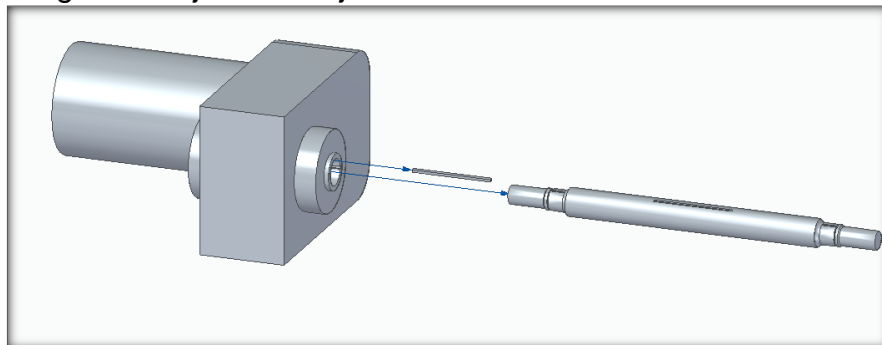
6.2 MANUAL DE ENSAMBLE

Para el ensamble inicial de la máquina se deben tener en cuenta los siguientes pasos;

6.2.1 Instalación motorreductor. El motorreductor se ubica en la placa superior justo en el medio con su respectivo eje, piñones, anillos de retención y chumaceras. la fijación es por medio de 6 tornillos M10 con longitud de 8 cm.

- Para el ensamble del motorreductor se ajusta el eje al reductor con su respectivo chavetero. Al ser el eje simétrico no se tiene en cuenta la posición para hacer el ensamble

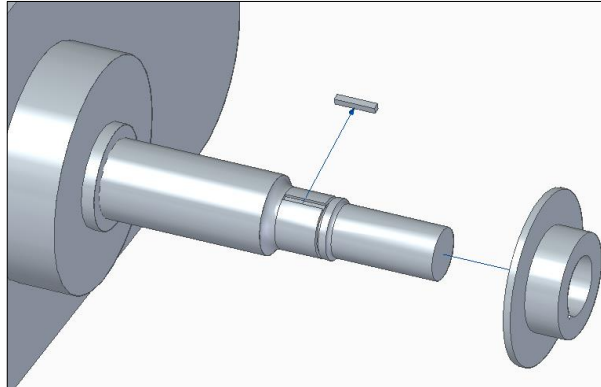
Imagen 70. Ajuste del eje



Fuente: Elaboración propia

- Teniendo el motorreductor con su respectivo eje, se hace el montaje de los piñones. Estos se ubican en el primer cambio de sección del eje y son fijados con un chavetero

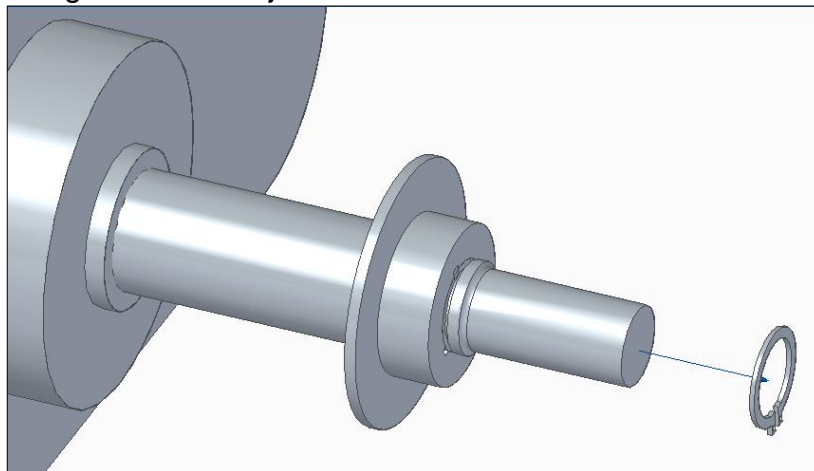
Imagen 71. Montaje de piñones



Fuente: Elaboración propia

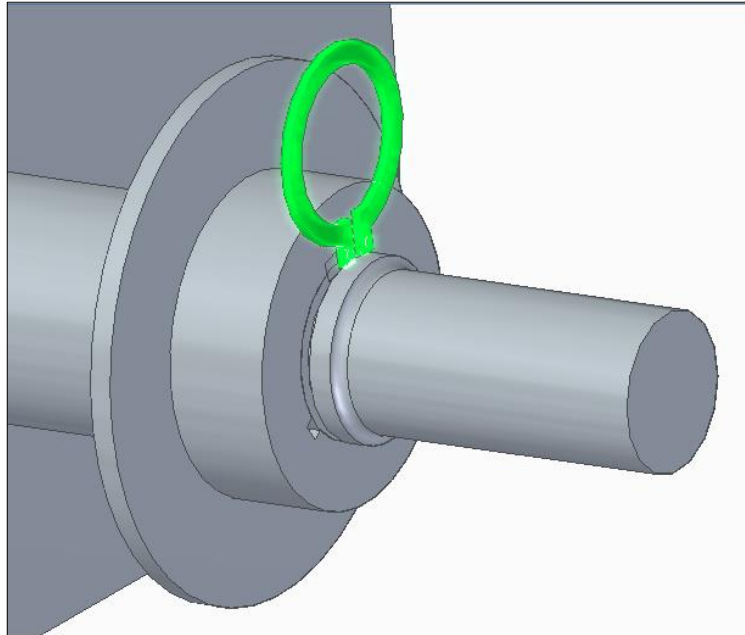
- Para la fijar los piñones al eje se usan los anillos de retención. Estos anillos son ubicados en la ranura que se encuentra en el primer cambio de sección y son asegurados con un pasador

Imagen 72. Montaje de anillos



Fuente: Elaboración propia

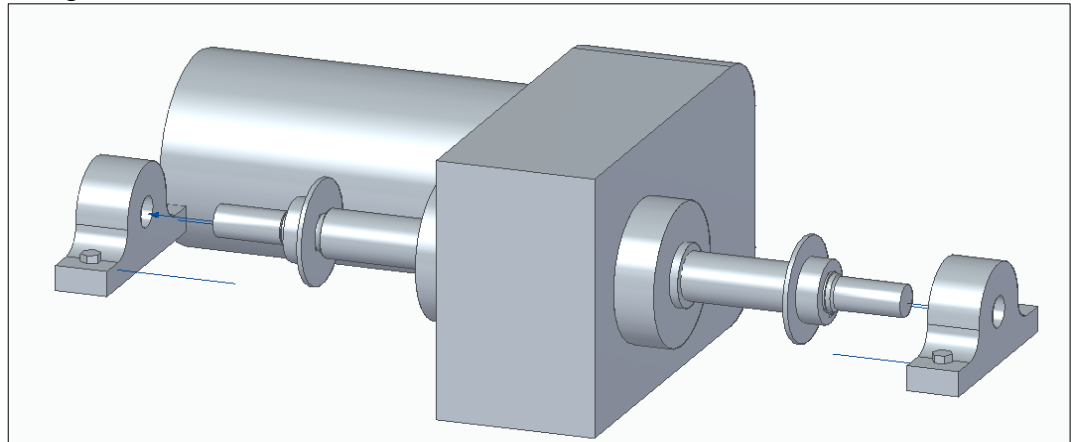
Imagen 73. Fijación de anillos



Fuente: Elaboración propia

- Para la instalación de las chumaceras se debe tener en cuenta el ajuste de estas, para ello se aplica un empuje suave ya que estas cumplen la función de ser guía y soporte del eje

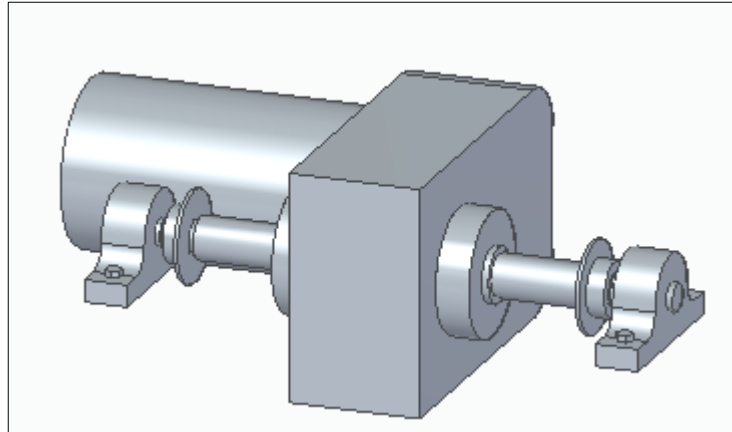
Imagen 74. Chumaceras



Fuente: Elaboración propia

- Con el montaje de las chumaceras, el motorreductor queda listo para su fijación a la placa superior

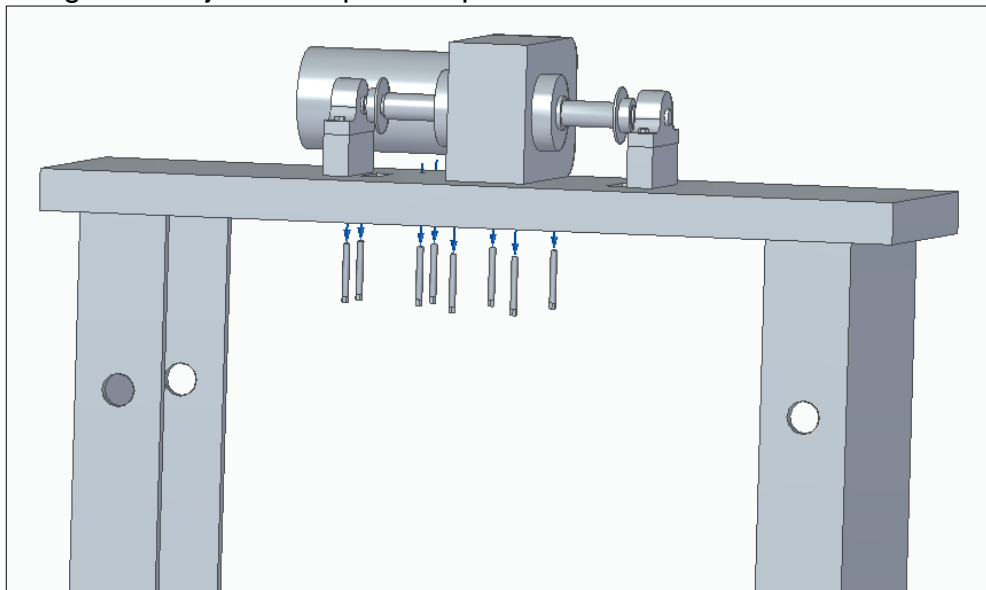
Imagen 75. Motorreductor ensamblado



Fuente: Elaboración propia

- Para la fijación del motorreductor a la placa superior se hace mediante 6 tornillos de M10 como se muestra a continuación;

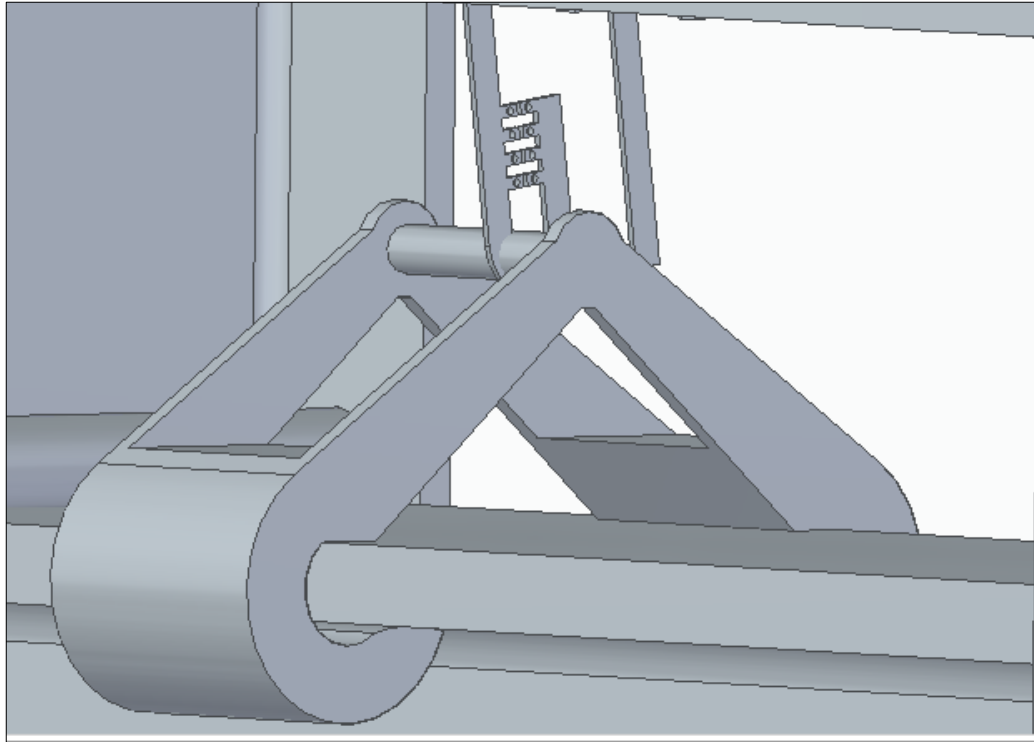
Imagen 76. Fijación en placa superior



Fuente: Elaboración propia

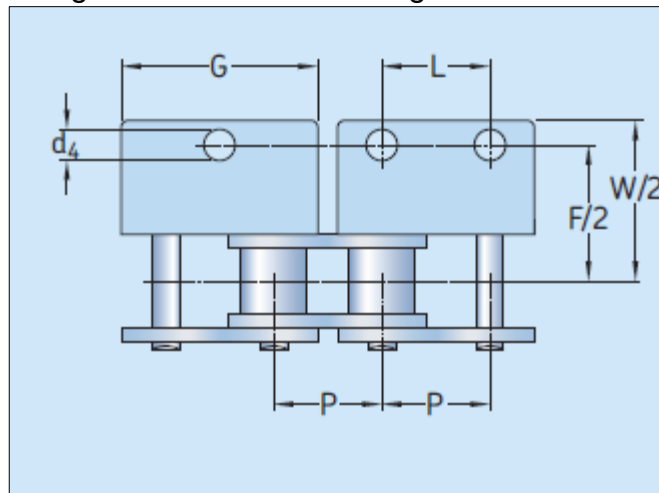
- Montaje de cadena: Se tiene una cadena de referencia PHC35H-1. Su montaje se realiza a través del piñón hasta llegar a la mordaza de sujeción. Tiene la función de servir como agarre de la mordaza dando la vuelta en ella y asegurándose por medio de unos elementos de seguridad en los eslabones de la punta inicial de la cadena a un tramo de la misma como se muestra a continuación;

Imagen 77. Unión de cadena



Fuente: Elaboración propia

Imagen 78. Elemento de seguridad



Fuente: <http://www.laggerypandolfi.com/pdfs/catalogo%20skf%20ptp.pdf>

7. ANÁLISIS DEL IMPACTO AMBIENTAL

En la operación de reforzamiento estructural DISEPIL está comprometido con el medio ambiente. Para lo cual contempla que los impactos ambientales con la máquina actual, presenta ruidos generados por la bomba de alimentación y el ruido generado por la fricción de los pilotes en contacto con el suelo en el momento que se realiza la operación de hincado.

A continuación, se desarrolla un análisis ambiental el cual está enfocado a dar a conocer las problemáticas ambientales y presentar una solución y prevención para evitar impactos ambientales utilizando la matriz modificada de Leopold.

Teniendo en cuenta los siguientes posibles impactos ambientales generados;

- Transporte de la estructura: Contaminación al medio generado por la emisión de gases del vehículo
- Ruido: Contaminación auditiva para el medio ambiente
- Aceite: Posibles fugas en conexiones provocando una contaminación en el suelo y entorno

Cuadro 7. Criterios de Lepold modificada

Criterio	Categoría	Definición	Valor
Extensión (Ex)	Efecto local	Se manifiesta en el área ocupada por las facilidades del proyecto	-3
	Efecto amplio	Se manifiesta más allá del área ocupada por las instalaciones en tierra y de su entorno más próximo	0
Sinergia (Si)	Efecto simple	Se manifiesta sobre un solo componente ambiental y no induce a efectos acumulativos ni sinérgicos	-3
	Efecto Múltiple	Se manifiesta en varios componentes ambientales a la vez	-1
Persistencia (Pe)	Efecto Temporal	Alteración limitada a corto plazo (1 año o menos)	4
	Efecto mediano plazo	Alteración durante mediano plazo (1 a 5 años)	2
	Efecto permanente o largo plazo	Aliteración del entorno con un tiempo indefinido o superior a los 5 años	0
Reversibilidad (Rv)	Efecto reversible	Aceptable por los procesos naturales a corto plazo (menor a un año)	-2

Cuadro 7. (Continuación)

Criterio	Categoría	Definición	Valor
Reversibilidad (Rv)	Efecto medianamente reversible	Aceptable por procesos naturales a un mediano plazo superior a un año	-2
	Efecto irreversible	Efecto que produce daños severos a los procesos naturales ocasionando que las reparaciones de éste no sean reversibles	0
Recuperabilidad (Rc)	Efecto recuperable	Puede eliminarse o repararse por una acción humana a largo plazo	2
	Efecto medianamente recuperable	Puede eliminarse o remplazarse por una acción humana a medio plazo	1
	Efecto irrecuperable	Cuando alteración del medio es imposible de recuperar por una acción humana	-2

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Índice de impacto} = 2 \cdot Ex + Si + Pe + 2 \cdot Rv + 2 \cdot Rc$$

$$\text{Índice de impacto} = -11,6$$

Cuadro 8. Impactos ambientales

Rangos de índice de impacto	Impacto negativo
-24 a -23	Critico
-22 a -20	Severo
-19 a -15	Moderado
-14 a -8	Compatible

Fuente: Elaboración propia

Dado del cuadro de rangos de impacto, la máquina genera un impacto *compatible* para lo cual se realizan las siguientes acciones para continuar la prevención de los aspectos ambientales;

Cuadro 9. Análisis ambiental

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Solución
Ruido	Suministro de alimentación a empujador hidráulico, hincado de pilotes	Genera ruido por el contacto entre el pilote y el suelo.	No genera un gran impacto ambiental ya que el ruido se encuentra dentro de los decibeles de ruido permitidos	No exceder los decibeles permitidos (7Db)

Cuadro 9. (Continuación)

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Solución
Aceite	Aceite hidráulico en depósito de la bomba de alimentación	Fugas en conexiones	Contaminación del suelo y entorno	Recipientes adecuados para el desecho de aceite en el momento del mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

8. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

8.1 INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial para para el desarrollo del proyecto de ingeniería basado en el diseño, investigación y desarrollo de este se muestra a continuación;

Cuadro 10. Talento humano

ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD	V / UNIDAD (\$)	TOTAL (\$)	FUENTE FINANCIADA.
Talento Humano					
Proponentes (2)	H-H	1.113	7.000	7.791.000	Proponentes
Director	H-H	N/A			
Orientador	H-H	35	15.000	525.000	U. América
<i>Total, Talento Humano</i>				\$8.316.000	

Fuente: Elaboración propia

8.2 INVERSIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO

La inversión en maquinaria y equipo corresponden a adquisición de estos elementos para el desarrollo del proyecto;

Cuadro 11. Maquinaria y equipo

Gastos maquinaria y equipo					
Computadora	Uni	2	2.100.000	4.200.000	Proponentes
Software (Solid Edge)	Horas	55	12.000	660.000	Proponentes
Software (NX9)	Horas	35	16.000	560.000	Proponentes
<i>Total, Maquinaria y Equipo</i>				\$5.420.000	

Fuente: Elaboración propia

8.3 INVERSIÓN EN FUNGIBLES

La inversión en fungibles corresponde a los elementos de papelería utilizados para el desarrollo del proyecto;

Cuadro 12. Fungibles

Fungibles					
Papel	Resma	2	11.000	22.000	Proponentes
Tinta	Tóner	6	75.000	450.000	Proponentes
<i>Total, Fungibles</i>				\$472.000	

Fuente: Elaboración propia

8.4 INVERSIÓN OTROS GASTOS

Estos gastos corresponden al valor de los servicios para el desarrollo del proyecto.

Cuadro 13. Otros gastos

Otros Gastos					
Servicios públicos	N/A				
Libros	Uni	2	180.000	360.000	Proponentes
Viajes	PASA JES	18	8.800	158.400	Proponentes
Arrendamiento local	N/A				
<i>Total, Otros Gastos</i>				\$518.400	

Fuente: Elaboración propia

8.5 TOTAL INVERSIÓN INICIAL

Cuadro 14. Total, inversión inicial

TOTAL, ANTES DE IMPREVISTOS	\$14'726.400	
-----------------------------	--------------	--

Cuadro 14. (continuación)

Imprevistos (4%)	\$589.056	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO (GASTOS)	\$15'315.456	

Fuente: Elaboración propia

8.6 INVERSIÓN DE FABRICACIÓN

La inversión de componentes de la máquina que contempla el proyecto, se encuentran varias entidades asociadas a las cuales se solicitó la referencia de los siguientes ítems;

Cuadro 15. Componentes de la máquina

Descripción	Cantidad	Valor unidad \$	Valor total \$
Perfil de acero en HEM 280	1	1'735.000	1'735.000
Perfil de acero en UPE 330	2	2'477.000	4'954.000
Lámina de acero superior 50 mm	1	2'247.000	2'247.000
Lámina de acero inferior 50 mm	2	1'285.000	2'570.000
Barra de acero macizo 1-1/2"	1	87.000	87.000
Barra de acero macizo de 30 mm (eje)	1	250.000	250.000
Motorreductor RAMFE	1	1'605.000	1'605.000
Soportes eje	2	451.000	902.000
Piñón de transmisión SKF	2	47.440	94.880
Cadenas de transmisión SKF	2	41.166	80.332
Anillo de retención SKF	2	23.456	46.912
Chumacera SKF	2	77.746	155.492

Cuadro 15. (Continuación)

Descripción	Cantidad	Valor unidad \$	Valor total \$
Tornillo ½"	8	900	7.200
Tornillo 1/4"	4	700	2.800
Tornillo M10	8	1.100	8.800
Descripción	Cantidad	Valor unidad \$	Valor total \$
Mordaza YALE	2	345.000	690.000
Empujador Hidráulico ENERPAC	1	14'655.000	14'655.000
Costos de ensamble			
Soldadura	4	115.000	460.000
Taladrados (Viga de elevación, Columnas y placa superior)	20	19.500	390.000
TOTAL			30'941.416
Costo operacional mensual			
Transporte	1	380.000	380.000
Mano de obra	2	954.000	1'908.000
Mantenimiento	1	335.000	335.000
TOTAL			2'623.000

Fuente: Elaboración propia

8.7 EVALUACIÓN DE INVERSIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera se desarrolla con el objetivo de tener un estimado en costos para dar a conocer la inversión del proyecto y tener una proyección para conocer el tiempo de recuperación de la inversión del proyecto.

Cuadro 16. Costos del proyecto

Costos	Valor \$
Costo de ingeniería	15'315.456

Cuadro 16. (Continuación)

Costos	Valor \$
Costo fabricación	30'941.416
Costo operacional	2'623.000
Total antes de imprevistos	48'879.872
Imprevistos 2%	977.597,44
Total	49'857.469,44

Fuente: Elaboración propia

Para ello la empresa DISEPIL S.A.S. realiza un estimado que un proyecto de hincado, tiene un valor de COP 250.000 por cada metro lineal/hora. Ya que la máquina se diseña para una capacidad de 30 m de hincado el valor por cada obra es de COP 7'500.000 en un periodo laboral de 30 horas/semana.

Dada esta información DISEPIL S.A.S. decide que el tiempo estimado de recuperación en la inversión es de 6 meses, para ello se tiene en cuenta la frecuencia de inversión en costos como se muestra a continuación;

Cuadro 17. Costos del proyecto y frecuencia de inversión

Costos	Valor \$	Frecuencia
Costo de ingeniería	15'315.456	1
Costo fabricación	30'941.416	1
Costo operacional	2'623.000	1 mensual
Total antes de imprevistos	48'879.872	
Imprevistos 2%	977.597,44	
Total	49'857.469,44	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 18. Depreciación 6 meses

Costos	Valor \$
Costo de ingeniería	2'552.579
Costo fabricación	5'156.902,6
Costo operacional	2'623.000

Cuadro 18. (Continuación)

Costos	Valor \$
Total antes de imprevistos	10'332.481,6
Imprevistos 2%	206.649,6
Total	10'539.131,2

$$\frac{10'539.131,2}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ semanas laborales}} * \frac{1 \text{ semana laboral}}{30 \text{ metros}} = 87.826/\text{metro}$$

El valor por metro lineal es de 87.826 COP con una proyección de recuperación en 6 meses y una rentabilidad de un 45% obteniendo un total de 127.350 COP.

$$250.000 \text{ COP} - 127.350 = 122.650 \text{ COP}$$

$$122.650 \text{ COP} * 30 \text{ M} * 4,8 \text{ semanas} = 17'661.000 \text{ COP} * \text{mes}$$

Este valor será utilizado con el fin de aportar al financiamiento de la máquina;

$$49'857.469,44 \text{ COP} / 17'661.000 \text{ COP} * \text{mes} = 2,8 \text{ mes}$$

La máquina será financiada a su totalidad en un periodo de 2,8 meses.

9. CONCLUSIONES

- El sistema de cadenas ofrece una mayor resistencia a la tensión frente a los sistemas de tijera y los cilindros, ofreciendo una facilidad de montaje, bajos costos, facilidad de mantenimiento y de facilidad de operación, realizando el hincado de pilotes en un menor tiempo
- Con los resultados obtenidos en la simulación por el método de elementos finitos realizada en el software Nx, se obtuvo un factor de seguridad para el esfuerzo de Von Mises de 1,56. Al comparar este valor con el calculado de 1,78 se corrobora la información obtenida frente al diseño desarrollado durante el capítulo 4, cumpliendo con los rangos requeridos entre 1,2 y 3,5. De igual forma, se obtuvo en el software una deflexión máxima de 0,39 mm, inferior a la deflexión máxima permitida de 1,875 mm
- De acuerdo con la evaluación financiera se pudo determinar que la fabricación de la máquina hincadora de pilotes, tiene una recuperación en la inversión inicial en 6 meses, proyectando un margen de utilidades del 45%, haciendo el proyecto viable para la implementación de éste
- De acuerdo con las proyecciones de utilidades generadas por la máquina, esta se podrá fabricar y recuperar en un periodo de 2,8 meses.

10. RECOMENDACIONES

- Revisar la opción de cambio de diseño en la viga de elevación, con el fin de realizar hincados a diferentes distancias con respecto a la zapata que se va a reforzar
- Contemplar una alternativa de anclaje de la estructura que permita realizar el trabajo en espacio abierto
- Dado que el estudio financiero realizado arroja que el proyecto es viable, se recomienda la fabricación de un prototipo con la finalidad de hacer pruebas en físico y poder implementarla en las obras
- Contemplar la opción de realizar el diseño de suplementos fijos, con un sistema que permita el posicionamiento de cada uno de ellos según la necesidad

BIBLIOGRAFÍA

ACEROS OTERO. Productos. [en línea]. Recuperado de: http://www.acerosotero.cl/planchas_acero_carbono_astm_a572_gr50.html (Citado 06 de febrero 2019)

BREMEKSAC. Clamp mordaza. [en línea]. Recuperado de: <https://bremeksac.com/producto/mordazas/mordazas-para-viga/clamp-mordaza-para-vigas/> (Citado 06 febrero 2019)

BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J keith Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. 9 ed. México: Mc Graw Hill

CIA. GENERAL DE ACEROS S.A. SAE 1020 Y SAE 1045. [en línea]. Recuperado de: <http://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2> (Citado 06 de febrero 2019)

CONSTRUCCIÓN EN ACERO. Fundiciones II. [en línea]. Recuperado de: <http://www.construccionenacero.com/blog/ndeg-36-fundaciones-ii-consideraciones-estructurales-parte-4cabezales-para-pilotes> (Citado el 06 de febrero 2019)

DISEPIL S.A.S DISEPIL S.A.S.

Nosotros. <ahref='http://www.dicepil.co/index.html'target='_blank'><http://www.dicepil.co/index.html>

EL CONSTRUCTOR CIVIL. Maquinaria para la hincada de pilotes. [en línea]. Recuperado de: <http://www.elconstructorcivil.com/2011/03/maquinaria-para-la-hincha-de-pilotes.html> (Citado el 06 de Febrero 2019)

GERDAU. Catálogo técnico. [en línea]. Recuperado de: http://www.gerdau.cl/files/catalogos_y_manuales/2017/Catalogo-Tecnico-2017-Hipervinculo.pdf (Citado 06 de Febrero 2019)

GRUPO PEGAMO. Catalogo Enerpac. [en línea]. Recuperado de: <https://doc.pegamo.es/www/Marcas/Doc/DDF004EF7E4F406BA42B6312886C8CF9.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. NTC 5613. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 33p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 36p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. NTC 4490. Bogotá D.C.: El instituto, 1998. 23p.

LAGGER Y PANDOLFÍ. Productos SKF de transmisión de potencia. [en línea]. Recuperado de: <http://www.laggerypandolfi.com/pdfs/catalogo%20skf%20ptp.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

LIM. Tabla A-20. [en línea]. Recuperado de: http://lim.ii.udc.es/docencia/din_sismec/Propiedades_aceros.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

MAQUINARIA CIMENTACIONES. Pilotes. [en línea]. Recuperado de: <https://maquinariacimentaciones.wordpress.com/category/pilotes/> (Citado el 06 de febrero 2019)

MCCORMAC. Introducción a los miembros cargados axialmente a compresión. En: Estructuras de acero método LRFD. 2 ed. México: Alfaomega, 2002.

MECALUX. Plataforma elevadora de tijera. [en línea]. Recuperado de: <https://www.logismarket.es/lag%20enfoer/plataforma-elevadora-de-tijera-2%20/1158176224-9464833-p.html> (Citado 06 de febrero 2019)

MORALES GALOC, Miguel Angel. Control de deflexiones [en línea]. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/moralesgaloc/control-de-deflexiones-en-estructuras-de-concreto-armado> (Citado 06 de febrero 2019)

PEÑAMERCADO. Fabricación y reparación de cilindros hidráulicos. [en línea]. Recuperado de: <http://www.xn--peamercado-u9a.cl/tienda/servicios/otros-servicios/fabricacion-y-repacion-de-cilindros-hidraulicos/> (Citado 06 de febrero 2019)

RAMFE. Reductores. [en línea]. Recuperado de: <http://www.ramfe.com.co/archivos/179.pdf> (Citado 06 de febrero 2019)

REPOSITORY. Diseño de cuñas. [en línea]. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/1802/2016Anexo%209-Dise%C3%B1o%20de%20cu%C3%B1as.pdf?sequence=9&isAllowed=y> (Citado 06 de febrero 2019)

VIGAS Y PERFILES. Perfil C. [en línea]. Recuperado de: http://www.perfilesyvigas.com/images/pdf/canales_upe.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

VIGAS Y PERFILES. Perfil H. [en línea]. Recuperado de: http://www.perfilesyvigas.com/images/pdf/ha_heb.pdf (Citado 06 de febrero 2019)

WEB DEL PROFESOR. Factor de longitud efectiva. [en línea]. Recuperado de: <http://webdelprofesor.ula.ve/nucleotrujillo/american/05-elementosSolicitadosACompresion/5-4.html> (Citado 06 de febrero 2019)

ANEXOS

ANEXO A
Catalogo enerpac

Cilindros de uso general, de simple acción



Tecnología de cojinete GR2

El exclusivo GR2 es un diseño único de cojinete en los cilindros de DUO de la Serie RC los cuales absorben los esfuerzos de carga axial céntrica para proteger a su cilindro contra abrasión, sobre-extensión o expulsión y atascamientos del émbolo o expansión en el extremo superior. Como resultado, los cilindros DUO de la Serie RC brindan operación duradera y sin problemas.

▼ TABLA DE SELECCIÓN RÁPIDA

Para obtener la información técnica completa, vea la página siguiente.

Capacidad del cilindro (toneladas (máxima))	Camara (pulg)	Número de modelo	Área efectiva del cilindro (pulg ²)	Volumen de aceite (pulg ³)	Altura retráido (pulg)	Peso (libras)
5 (4.0)	.63	RC-50**	.90	.62	1.03	2.2
	1.00	RC-51	.99	.99	4.34	2.3
	3.00	RC-53	.99	2.98	6.50	3.3
	5.00	RC-55*	.99	4.97	8.50	4.1
	7.00	RC-57	.99	6.96	10.75	5.3
10 (11.2)	9.13	RC-59	.99	9.07	12.75	6.1
	1.00	RC-101	2.24	2.24	3.53	4.0
	2.13	RC-102*	2.24	4.75	4.78	5.1
	4.13	RC-104	2.24	9.23	6.75	7.2
	6.13	RC-106*	2.24	13.70	9.75	9.8
	8.00	RC-108	2.24	17.89	11.75	12.0
15 (15.7)	10.13	RC-1010*	2.24	22.65	13.75	14.0
	12.00	RC-1012	2.24	26.84	15.75	15.0
	14.00	RC-1014	2.24	31.31	17.75	18.0
	1.00	RC-151	3.14	3.14	4.88	7.2
	2.00	RC-152	3.14	6.28	5.88	9.0
	4.00	RC-154*	3.14	12.57	7.88	11.0
	6.00	RC-156*	3.14	18.85	10.99	15.0
25 (25.8)	8.00	RC-158	3.14	25.13	12.99	18.0
	10.00	RC-1510	3.14	31.42	14.99	21.0
	12.00	RC-1512	3.14	37.70	16.99	24.0
	14.00	RC-1514	3.14	43.98	18.99	26.0
	1.00	RC-251	5.16	5.16	5.50	13.0
	2.00	RC-252*	5.16	10.31	6.50	14.0
30 (32.4)	4.00	RC-254*	5.16	20.63	8.50	18.0
	6.25	RC-256*	5.16	32.23	10.75	22.0
	8.25	RC-258	5.16	42.55	12.75	27.0
	10.25	RC-2510	5.16	52.86	14.75	31.0
	12.25	RC-2512	5.16	63.18	16.75	36.0
	14.25	RC-2514*	5.16	73.49	18.75	39.0
50 (55.2)	8.25	RC-308	6.49	53.56	15.25	40.0
	2.00	RC-502	11.04	22.09	6.04	33.0
	4.00	RC-504	11.04	44.18	8.04	42.0
	6.25	RC-506*	11.04	66.03	11.13	51.0
75 (79.5)	13.25	RC-5013	11.04	146.34	18.13	83.0
	6.13	RC-756	15.90	97.41	11.25	65.0
100 (103.1)	13.13	RC-7513	15.90	208.74	19.38	130.0
	6.03	RC-1006	20.83	136.67	14.06	130.0
	10.25	RC-10010	20.83	211.45	17.99	160.0

* Disponible como conjunto. Vea la nota en esta página.

** El cilindro RC-50 no tiene sillata acanalada desmontable ni rosca del collar.

Serie RC



Capacidad:

5-100 toneladas

Camara:

0.63-14.25 pulgadas

Presión de operación máxima:

10,000 psi



SEGURIDAD PRIMERO
Los valores de carga y camara del fabricante representan los límites máximos de seguridad.

¡Las buenas prácticas recomiendan usar sólo el 80% de esos valores!

Página: 242



Cilindros de simple acción, serie RC

Cilindros livianos de aluminio con resortes de retorno para uso general.

Página: 12



Los cilindros RC-DUO mantienen las dimensiones externas para uso con portaplazas existentes.



Manómetros

Enerpac ofrece una línea completa de mangueras hidráulicas de alta calidad.

Para ver la línea completa de manómetros, consulte la sección "Componentes del sistema".

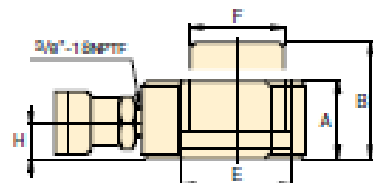
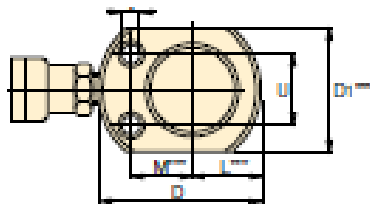
Página: 113



Conjuntos de bomba y cilindro

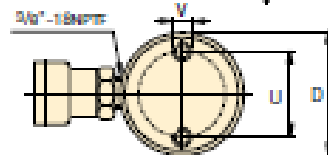
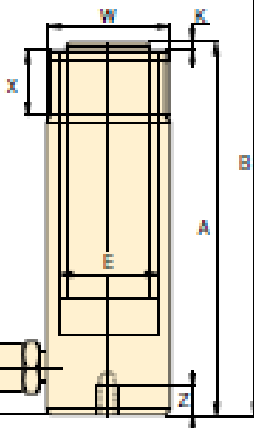
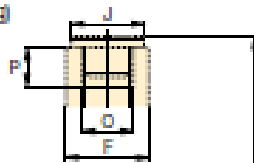
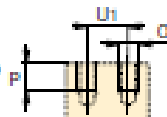
Para facilitar los pedidos, los cilindros marcados con un * están disponibles como conjuntos (cilindro, manómetro, acople, manguera y bomba).

Página: 54

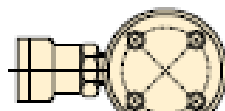


RC-50

Únicamente para el RC-101 (U1 = 0.75 pulg)



Modelos RC-51 a RC-5013



Modelos RC-1006 y RC-10010

Tabla de velocidades
 Para determinar la velocidad aproximada de su cilindro, consulte la tabla de velocidades de los cilindros Enerpac en las "Páginas Amarillas".
 Página: 251

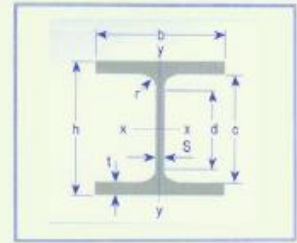
Para conocer todas las características, consulte la página 6.

Capacidad del cilindro (toneladas (t))	Carrera (pulg)	Número de modelo	Área efectiva del cilindro (pulg²)	Volumen de aceite (pulg³)	Altura repleto (A) (pulg)	Altura extendido (B) (pulg)	Diam. exterior (D) (pulg)
5 (4.0)	.63	RC-50**	.99	.62	1.63	2.25	2.31
	1.00	RC-51	.99	.99	4.34	5.34	1.50
	3.00	RC-53	.99	2.98	6.50	9.50	1.50
	5.00	RC-55*	.99	4.97	8.50	13.50	1.50
	7.00	RC-57	.99	6.96	10.75	17.75	1.50
	9.13	RC-59	.99	9.07	12.75	21.88	1.50
10 (11.2)	1.00	RC-101	2.24	2.24	3.53	4.53	2.25
	2.13	RC-102*	2.24	4.75	4.78	6.91	2.25
	4.13	RC-104	2.24	9.23	6.75	10.88	2.25
	6.13	RC-106*	2.24	13.70	9.75	15.88	2.25
	8.00	RC-108	2.24	17.89	11.75	19.75	2.25
	10.13	RC-1010*	2.24	22.05	13.75	23.88	2.25
	12.00	RC-1012	2.24	26.84	15.75	27.75	2.25
14.00	RC-1014	2.24	31.31	17.75	31.75	2.25	
15 (15.7)	1.00	RC-151	3.14	3.14	4.88	5.88	2.75
	2.00	RC-152	3.14	6.28	5.88	7.88	2.75
	4.00	RC-154*	3.14	12.57	7.88	11.88	2.75
	6.00	RC-156*	3.14	18.85	10.88	16.88	2.75
	8.00	RC-158	3.14	25.13	12.88	20.88	2.75
	10.00	RC-1510	3.14	31.42	14.88	24.88	2.75
	12.00	RC-1512	3.14	37.70	16.88	28.88	2.75
	14.00	RC-1514	3.14	43.98	18.88	32.88	2.75
25 (25.8)	1.00	RC-251	5.16	5.16	5.50	6.50	3.38
	2.00	RC-252*	5.16	10.31	6.50	8.50	3.38
	4.00	RC-254*	5.16	20.63	8.50	12.50	3.38
	6.25	RC-256*	5.16	32.23	10.75	17.00	3.38
	8.25	RC-258	5.16	42.55	12.75	21.00	3.38
	10.25	RC-2510	5.16	52.86	14.75	25.00	3.38
	12.25	RC-2512	5.16	63.18	16.75	29.00	3.38
	14.25	RC-2514*	5.16	73.49	18.75	33.00	3.38
30 (32.4)	8.25	RC-308	6.49	53.56	15.25	23.50	4.00
50 (55.2)	2.00	RC-502	11.04	22.09	8.94	8.94	5.00
	4.00	RC-504	11.04	44.18	8.94	12.94	5.00
	6.25	RC-506*	11.04	66.03	11.13	17.38	5.00
75 (79.5)	13.25	RC-5013	11.04	146.34	18.13	31.38	5.00
	6.13	RC-756	15.90	97.41	11.25	17.38	5.75
100 (103.1)	13.13	RC-7513	15.90	208.74	19.38	32.50	5.75
	6.83	RC-1006	20.83	136.67	14.06	20.69	7.00
	10.25	RC-10010	20.83	211.45	17.69	27.94	7.00

* Disponible como conjunto. Consulte la página 54.
 ** El cilindro RC-50 no tiene silera acanalada desmontable ni rosca del collar.
 *** D1 = 1.63 pulg, L = 0.81 pulg, M = 1.00 pulg

Diámetro interno del cilindro E (pulg)	Diámetro del émbolo F (pulg)	Base a conexión de avance de avanca H (pulg)	Diám. de la sifista J (pulg)	Excesión de la sifista desde el émbolo K (pulg)	Rosca interna del émbolo O (pulg)	Longitud de la rosca del émbolo P (pulg)	Orificios de montaje en la base			Rosca del collar W (pulg)	Longitud de la rosca del collar X (pulg)	Peso (libras)	Número de modelo
							Círculo de pernos U (pulg)	Rosca V (pulg)	Profundidad de la rosca Z (pulg)				
1.13	1.00	.75	**	**	**	**	1.13	.22	—	—	—	2.2	RC-50*
1.13	1.00	.75	1.00	.25	¾"-16	.56	1.00	¾"-20UN	.56	1½"-16	1.13	2.3	RC-51
1.13	1.00	.75	1.00	.25	¾"-16	.56	1.00	¾"-20UN	.56	1½"-16	1.13	3.3	RC-53
1.13	1.00	.75	1.00	.25	¾"-16	.56	1.00	¾"-20UN	.56	1½"-16	1.13	4.1	RC-55*
1.13	1.00	.75	1.00	.25	¾"-16	.63	1.00	¾"-20UN	.56	1½"-16	1.13	5.3	RC-57
1.13	1.00	.75	1.00	.25	¾"-16	.63	1.00	¾"-20UN	.56	1½"-16	1.13	6.1	RC-59
1.69	1.50	.75	—	—	#10-24UN	.25	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.06	4.0	RC-101
1.69	1.50	.75	1.38	.25	1"-8	.75	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.13	5.1	RC-102*
1.69	1.50	.75	1.38	.25	1"-8	.75	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.06	7.2	RC-104
1.69	1.50	.75	1.38	.25	1"-8	.75	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.13	9.8	RC-106*
1.69	1.50	.75	1.38	.25	1"-8	.75	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.06	12	RC-108
1.69	1.50	.75	1.38	.25	1"-8	.75	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.13	14	RC-1010*
1.69	1.50	.75	1.38	.25	1"-8	.75	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.06	15	RC-1012
1.69	1.50	.75	1.38	.25	1"-8	.75	1.56	¾"-18UN	.50	2¼"-14	1.06	18	RC-1014
2.00	1.63	.75	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	7.2	RC-151
2.00	1.63	.75	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	9	RC-152
2.00	1.63	.75	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	11	RC-154*
2.00	1.63	1.00	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	15	RC-156*
2.00	1.63	1.00	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	18	RC-158
2.00	1.63	1.00	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	21	RC-1510
2.00	1.63	1.00	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	24	RC-1512
2.00	1.63	1.00	1.50	.38	1"-8	1.00	1.88	¾"-16UN	.50	2¼"-16	1.19	26	RC-1514
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	13	RC-251
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	14	RC-252*
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	18	RC-254*
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	22	RC-256*
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	27	RC-258
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	31	RC-2510
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	36	RC-2512
2.56	2.25	1.00	2.00	.41	1½"-16	1.00	2.31	½"-13UN	.75	3¼"-12	1.94	39	RC-2514*
2.88	2.25	2.25	2.00	.41	1½"-16	1.00	—	—	—	3¼"-12	1.94	40	RC-308
3.75	3.13	1.31	2.81	.11	—	—	3.75	½"-13UN	.75	5"-12	2.19	33	RC-502
3.75	3.13	1.31	2.81	.11	—	—	3.75	½"-13UN	.75	5"-12	2.19	42	RC-504
3.75	3.13	1.38	2.81	.11	—	—	3.75	½"-13UN	.75	5"-12	2.19	51	RC-506*
3.75	3.13	1.38	2.81	.11	—	—	3.75	½"-13UN	.75	5"-12	2.19	83	RC-5013
4.50	3.75	1.19	2.81	.23	—	—	—	—	—	5¼"-12	1.75	65	RC-756
4.50	3.75	1.19	2.81	.23	—	—	—	—	—	5¼"-12	1.75	130	RC-7513
5.13	4.13	1.63	2.81	.11	—	—	5.50	¾"-10UN	1.00	6¼"-12	1.75	130	RC-1006
5.13	4.13	1.63	2.81	.11	—	—	5.50	¾"-10UN	1.00	6¼"-12	1.75	160	RC-10010

ANEXO B.
Perfil HEM



PERFIL H EUROPEO DE ALA ANCHA - HE																		
PERFILES HE		DIMENSIONES Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO																
DESIGNACION	DIMENSIONES							AREA	PESO	PROPIEDADES ELASTICAS						MODULO PLASTICO		CONS TORS
	ALTIMA		ALA		DISTANCIAS					EJE X-X			EJE Y-Y			Zx	Zy	
	h	s	b	t	r	c	d			Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	cm3	cm3	
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm2	kg/mt	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm	cm3	cm3	cm4	
HEA A 260	244.0	6.5	260.0	9.5	24.0	225.0	177.0	69.0	54.1	7.981.0	654.0	10.8	2.788.0	214.0	6.4	714.0	328.0	30.3
HEA 260	250.0	7.5	260.0	12.5	24.0	255.0	177.0	86.8	68.2	10.450.0	836.0	11.0	3.668.0	282.0	6.5	920.0	430.0	52.4
DIL 260	260.0	7.5	260.0	17.5	24.0	225.0	177.0	113.0	88.6	14.680.0	1.129.0	11.4	5.132.0	395.0	6.7	1.251.0	599.0	110.0
HEB 260	260.0	10.0	260.0	17.5	24.0	225.0	177.0	118.0	93.0	14.920.0	1.148.0	11.2	5.135.0	395.0	6.6	1.283.0	602.0	124.0
HEM 260	290.0	18.0	268.0	32.5	24.0	225.0	177.0	220.0	172.0	31.310.0	2.159.0	11.9	10.450.0	780.0	6.9	2.524.0	1.192.0	719.0
HEA A 280	264.0	7.0	280.0	10.0	24.0	244.0	196.0	78.0	61.2	10.560.0	800.0	11.6	3.664.0	262.0	6.9	873.0	399.0	36.2
HEA 280	270.0	8.0	280.0	13.0	24.0	244.0	196.0	97.3	76.4	13.670.0	1.013.0	11.9	4.763.0	340.0	7.0	1.112.0	518.0	62.1
DIL 280	280.0	8.0	280.0	18.0	24.0	244.0	196.0	125.0	98.3	18.970.0	1.355.0	12.3	6.592.0	471.0	7.3	1.497.0	714.0	128.0
HEB 280	280.0	10.5	280.0	18.0	24.0	244.0	196.0	131.0	103.0	19.270.0	1.376.0	12.1	6.595.0	471.0	7.1	1.534.0	718.0	144.0
HEM 280	310.0	18.5	288.0	33.0	24.0	244.0	196.0	240.0	189.0	39.550.0	2.551.0	12.8	13.160.0	914.0	7.4	2.966.0	1.397.0	807.0
HEA A 300	283.0	7.5	300.0	10.5	27.0	262.0	208.0	88.9	69.8	13.800.0	976.0	12.5	4.734.0	316.0	7.3	1.065.0	482.0	46.3
HEA 300	290.0	8.5	300.0	14.0	27.0	262.0	208.0	113.0	88.3	18.260.0	1.260.0	12.7	6.310.0	421.0	7.5	1.383.0	641.0	85.2
DIL 300	300.0	8.5	300.0	19.0	27.0	262.0	208.0	143.0	112.0	24.790.0	1.653.0	13.2	8.560.0	571.0	7.8	1.826.0	866.0	165.0
HEB 300	300.0	11.0	300.0	19.0	27.0	262.0	208.0	149.0	117.0	25.170.0	1.678.0	13.0	8.563.0	571.0	7.6	1.889.0	870.0	185.0
HEC 300	320.0	16.0	305.0	29.0	27.0	262.0	208.0	225.0	177.0	40.950.0	2.559.0	13.5	13.740.0	901.0	7.8	2.927.0	1.374.0	596.0
HEM 300	340.0	21.0	310.0	36.0	27.0	262.0	208.0	303.0	238.0	59.200.0	3.482.0	14.0	19.400.0	1.252.0	8.0	4.078.0	1.913.0	1.408.0
HEA A 320	301.0	8.0	300.0	11.0	27.0	279.0	225.0	94.6	74.2	16.450.0	1.093.0	13.2	4.959.0	331.0	7.2	1.196.0	506.0	55.9
HEA 320	310.0	9.0	300.0	15.5	27.0	279.0	225.0	124.0	97.6	22.930.0	1.479.0	13.6	6.985.0	468.0	7.5	1.628.0	710.0	108.0
DIL 320	320.0	9.0	300.0	20.5	27.0	279.0	225.0	154.0	121.0	30.370.0	1.898.0	14.0	9.235.0	616.0	7.7	2.101.0	935.0	203.0
HEB 320	320.0	11.5	300.0	20.5	27.0	279.0	225.0	161.0	127.0	30.820.0	1.926.0	13.8	9.239.0	616.0	7.6	2.149.0	938.0	225.0
HEM 320	359.0	21.0	309.0	40.0	27.0	279.0	225.0	312.0	245.0	68.130.0	3.796.0	14.8	19.710.0	1.276.0	8.0	4.435.0	1.951.0	1.501.0

ANEXO C
Propiedades astm 572 grado 50

ASTM A572 GRADO 50

Composición Química

%C (máx.)	%Mn (máx.)	%Si (máx.)	%P (máx.)	%S (máx.)	%V	%Nb
0,23	1,35	0,40	0,04	0,05	0,01 - 0,15	0,005 - 0,05

Propiedades Mecánicas

Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción (Kg/mm ²)		Elongación
(Kg/mm ²)	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
35 (mín)	345 (mín.)	46 (mín)	450 (mín.)	21 (mín.)

Mínimo Radio Interior de Plegado en Frío

Espesor E (mm.)		
Hasta 20 mm. (Incl.)	Sobre 20 mm. hasta 25 mm. (Incl.)	Sobre 25 mm. hasta 50 mm. (Incl.)
1,5 X E	1,5 X E	2,0 X E

ANEXO D
Propiedades acero 1020

ACERO SAE 1020

DIN	CK - 20
UNI	C - 20
AFNOR	XC - 20
SAE	1020

CARACTERÍSTICAS DE EMPLEO

Acero al carbono que puede utilizarse en estado cementado, templado y revenido o simplemente en estado calibrado. Por su contenido de carbono estos aceros se utilizan para la fabricación de piezas estructurales o de maquinaria de mediana resistencia con una gran tenacidad. Es fácilmente soldable con soplete ó al arco.

COMPOSICION QUÍMICA	C %	Mn %	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.18 0.23	0.3 0.6	0.04	0.05	0.15 0.3

Estado de suministro: Recocido
Dureza de suministro: 150 - 180 HB

PROPIEDADES MECÁNICAS

Estado de suministro	Resistencia a la tracción MPa	Límite elástico MPa	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza Brinell aprox.
Laminado en caliente	441	195	25	45	140 / 180
Normalizado	490 - 588	343	30	55	150
Recocido	441 - 539	294	35	60	130 / 150
Calibrado	539 - 686	441	10	35	180 / 220
Cementado, templado y rev.	686 - 833	441	15	45	-----

TRATAMIENTO TÉRMICO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO
Forja	850 - 1150	Arena seca
Normalizado	880 - 920	Aire
Recocido	650 - 720	Horno
Cementación	900 - 930	Horno/agua
Temple cepa cementada	850 - 900	Agua
Revenido cepa cementada	180 - 240	Aire

ANEXO E
Catalogo barras macizas de acero

BARRAS REDONDAS

Las Barras Redondas lisas son productos cuya sección transversal es circular, siendo suministradas en barras rectas, en su estado de laminación en caliente y sin tratamientos posteriores.

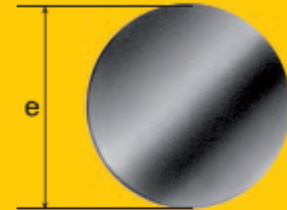
Especificaciones generales

Grados y calidades normales:

SAE 1020, SAE 1045.

Estructurales soldables A270ES y Comercial.

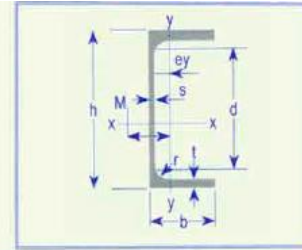
(Ver composición y propiedades en pág. 26 y 27).



6.1 Diámetros normales, pesos y tolerancias nominales (1)

Características nominales					Tolerancias (±) (2)	
Diámetro, e		Masa (3) kg/m	Sección cm ²	Perímetro cm	En e mm	Oval. (4) mm
mm	pulg.					
8	-	0,395	0,503	2,51	0,50	0,80
10	-	0,617	0,785	3,14	0,50	0,80
12	-	0,888	1,13	3,77	0,60	0,95
12,7	1/2"	0,994	1,27	3,99	0,60	0,95
15,8	5/8"	1,55	1,98	4,99	0,60	0,95
16	-	1,58	2,01	5,03	0,60	0,95
18	-	2,00	2,54	5,65	0,60	0,95
19	-	2,23	2,84	5,97	0,70	1,15
19,1	3/4"	2,24	2,85	5,98	0,70	1,15
22	-	2,98	3,80	6,91	0,70	1,15
22,2	7/8"	3,05	3,88	6,98	0,70	1,15
25	-	3,85	4,91	7,85	0,70	1,15
25,4	1"	3,98	5,07	7,98	0,70	1,15
28,6	1 1/8"	5,03	6,41	8,98	0,70	1,15
31,7	1 1/4"	6,22	7,92	9,97	0,80	1,30
38,1	1 1/2"	8,95	11,4	12,0	0,80	1,30

ANEXO F
Perfil UPE

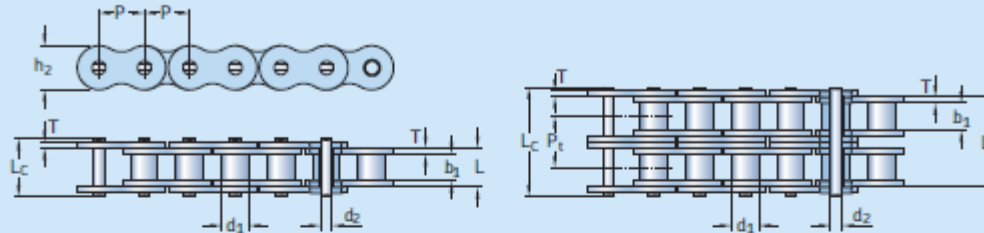


PERFIL C ALAS PARALELAS - UPE - ESPAÑA

PERFILES UPE		DIMENSIONES Y PROPIEDADES PARA EL DISEÑO						PROPIEDADES ELASTICAS						CONS TORS
DESIGNACION	DIMENSIONES					AREA	PESO	EJE x-x			EJE y-y			Jt
	ALTURA	ALA		d	AREA			PESO	lx	Sx	rx	ly	Sy	
	h	s	b			t	d		cm ²	kg/mt	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴
UPE80	80.00	4.00	50.00	7.00	66.00	10.10	7.90	107.00	26.80	3.26	25.40	7.98	1.59	
UPE 100	100.00	4.50	55.00	7.50	85.00	12.50	9.82	207.00	41.40	4.07	38.20	10.60	1.75	
UPE 120	120.00	5.00	60.00	8.00	104.00	15.40	12.10	364.00	60.60	4.86	55.40	13.80	1.90	
UPE 140	140.00	5.00	65.00	9.00	122.00	18.40	14.50	599.00	85.60	5.71	78.70	18.20	2.07	
UPE 160	160.00	5.50	70.00	9.50	141.00	21.70	17.00	911.00	114.00	6.48	107.00	22.60	2.22	
UPE 180	180.00	5.50	75.00	10.50	159.00	25.10	19.70	1.353.00	150.00	7.34	144.00	28.60	2.39	
UPE200	200.00	6.00	80.00	11.00	178.00	29.00	22.80	1.909.00	191.00	8.11	187.00	34.40	2.54	
UPE220	220.00	6.50	85.00	12.00	196.00	33.90	26.60	2.682.00	244.00	8.90	246.00	42.50	2.70	
UPE240	240.00	7.00	90.00	12.50	217.00	38.50	30.20	3.599.00	300.00	9.67	311.00	50.10	2.84	
UPE270	270.00	7.50	95.00	13.50	243.00	44.80	35.20	5.255.00	389.00	10.80	401.00	60.70	2.99	
UPE 300	300.00	9.50	100.00	15.00	270.00	56.60	44.40	7.823.00	522.00	11.80	538.00	75.60	3.08	
UPE330	330.00	11.00	105.00	16.00	298.00	67.80	53.20	11.008.00	667.00	12.70	681.00	89.70	3.17	
UPE 360	360.00	12.00	110.00	17.00	326.00	77.90	61.20	14.825.00	824.00	13.90	844.00	105.00	3.29	
UPE400	400.00	13.50	115.00	18.00	364.00	91.90	72.20	20.981.00	1.049.00	15.10	1.045.00	123.00	3.37	

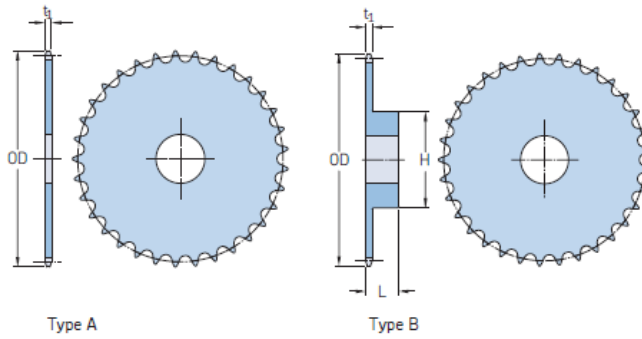
ANEXO G
Perfil cadenas

SKF Xtra Strength H & BH Chains



ANSI Chain number	BS/ISO Chain number	Dimensions					Pin length	P. length cottered	Inner pl. height	Plate thickness	Transv. pitch	Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter	Designation
		Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length									
		P	d ₁ max	b ₁ min	d ₂ max	L max	L _c max	L _c max	h ₂ max	T max	P _t	Q min	Q ₀	q	
												kN	kg/m		
35H-1*	-	9,525	5,08	4,77	3,58	13,3	14,3	-	9,0	1,50	-	7,9	10,8	0,41	PHC 35H-1...
40H-1	08AH-1	12,700	7,95	7,85	3,96	18,8	19,9	-	12,00	2,03	-	14,1	19,1	0,82	PHC 40H-1...
50H-1	10AH-1	15,875	10,16	9,40	5,08	22,1	23,4	24,4	15,09	2,42	-	22,2	30,2	1,25	PHC 50H-1...
60H-1	12AH-1	19,050	11,91	12,57	5,94	29,2	31,0	31,6	18,00	3,25	-	31,8	42,7	1,87	PHC 60H-1...
80H-1	16AH-1	25,400	15,88	15,75	7,92	36,2	37,7	39,4	24,00	4,00	-	56,7	71,4	3,10	PHC 80H-1...
100H-1	20AH-1	31,750	19,05	18,90	9,53	43,6	46,9	46,9	30,00	4,80	-	88,5	112,4	4,52	PHC 100H-1...
120H-1	24AH-1	38,100	22,23	25,22	11,10	53,5	57,5	57,5	35,70	5,60	-	127,0	160,9	6,60	PHC 120H-1...
140H-1	28AH-1	44,450	25,40	25,22	12,70	57,6	62,2	62,2	41,00	6,40	-	172,4	217,3	8,30	PHC 140H-1...
160H-1	32AH-1	50,800	28,58	31,55	14,27	68,2	73,0	73,0	47,80	7,20	-	226,8	285,8	10,30	PHC 160H-1...
180H-1	36AH-1	57,150	35,71	35,48	17,46	75,9	81,6	-	53,60	8,0	-	281,0	341,8	14,83	PHC 180H-1...
200H-1	40AH-1	63,500	39,68	37,85	19,85	86,6	93,5	93,5	60,00	9,50	-	353,8	444,5	19,16	PHC 200H-1...
240H-1	48AH-1	76,200	47,63	47,35	23,81	109,6	115,9	-	72,30	12,70	-	510,3	622,5	30,4	PHC 240H-1...
60H-2	12AH-2	19,050	11,91	12,57	5,94	55,3	57,1	57,7	18,00	3,25	26,11	63,6	84,5	3,71	PHC 60H-2...
80H-2	16AH-2	25,400	15,88	15,75	7,92	68,8	70,3	72,0	24,00	4,00	32,59	113,4	145,3	6,15	PHC 80H-2...
100H-2	20AH-2	31,750	19,05	18,90	9,53	82,7	86,0	86,0	30,00	4,80	39,09	177,0	225,9	9,03	PHC 100H-2...
120H-2	24AH-2	38,100	22,23	25,22	11,10	102,4	106,4	106,4	35,70	5,60	48,87	254,0	322,7	13,13	PHC 120H-2...
140H-2	28AH-2	44,450	25,40	25,22	12,70	109,8	114,4	114,4	41,00	6,40	52,20	344,8	437,7	16,60	PHC 140H-2...
160H-2	32AH-2	50,800	28,58	31,55	14,27	130,1	134,9	134,9	47,80	7,20	61,90	453,6	571,6	20,20	PHC 160H-2...
200H-2	40AH-2	63,500	39,68	37,85	19,85	164,9	171,8	171,8	60,00	9,50	78,31	707,6	894,9	38,11	PHC 200H-2...

ANEXO H
Perfil piñón

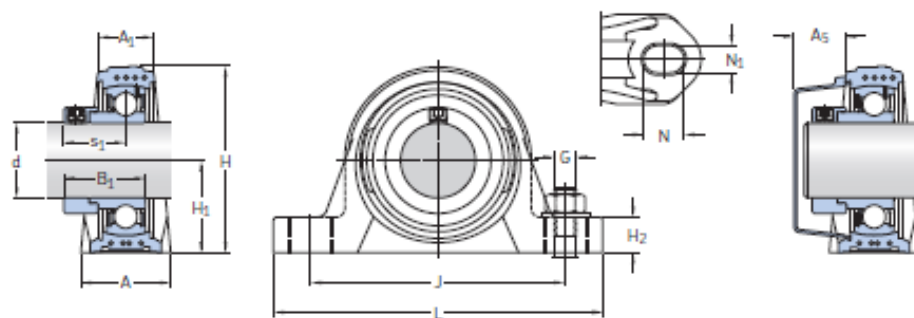


Pitch	Number of teeth	Outside diameter OD	Type	Dimensions Bore stock	Bore		Hub		Plate thickness		Mass	Designation
					Min.	Max.	H	L	t ₁			
in.	-	in.	-	in.	-	-	-	-	-	in.	lbs.	-
3/8	15	1,99	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,10	PHS 35-1A15 PHS 35-1B15	
		1,99	B	-	1/2	7/8	1 11/32	3/4	0,168	0,29		
3/8	16	2,11	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,12	PHS 35-1A16 PHS 35-1B16	
		2,11	B	-	1/2	15/16	1 11/32	3/4	0,168	0,35		
3/8	17	2,23	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,12	PHS 35-1A17 PHS 35-1B17	
		2,23	B	-	1/2	1 1/16	1 19/32	3/4	0,168	0,42		
3/8	18	2,35	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,14	PHS 35-1A18 PHS 35-1B18	
		2,35	B	-	1/2	1 1/16	1 17/32	3/4	0,168	0,48		
3/8	19	2,47	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,16	PHS 35-1A19 PHS 35-1B19	
		2,47	B	-	1/2	1 1/4	1 27/32	3/4	0,168	0,54		
3/8	20	2,59	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,20	PHS 35-1A20 PHS 35-1B20	
		2,59	B	-	1/2	1 1/16	1 15/16	3/4	0,168	0,59		
3/8	21	2,71	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,20	PHS 35-1A21 PHS 35-1B21	
		2,71	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,80		
3/8	22	2,83	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,22	PHS 35-1A22 PHS 35-1B22	
		2,83	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,80		
3/8	23	2,95	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,24	PHS 35-1A23 PHS 35-1B23	
		2,95	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,82		
3/8	24	3,07	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,26	PHS 35-1A24 PHS 35-1B24	
		3,07	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,88		
3/8	25	3,19	A	1/2	-	-	-	-	0,168	0,28	PHS 35-1A25 PHS 35-1B25	
		3,19	B	-	1/2	1 3/8	2	7/8	0,168	0,88		

ANEXO I
Catalogo chumacera

Unidades de rodamientos Y SKF E2 con soporte de pie de material compuesto con anillo de fijación excéntrico, para ejes métricos

d 20 – 40 mm



Dimensiones

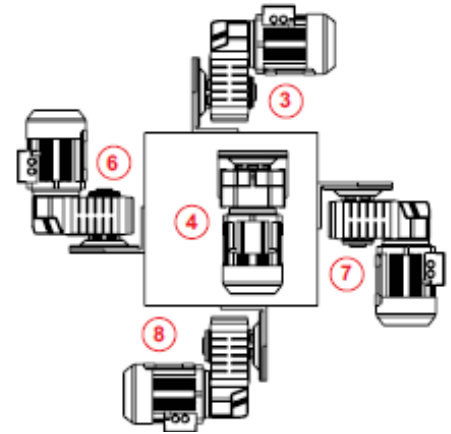
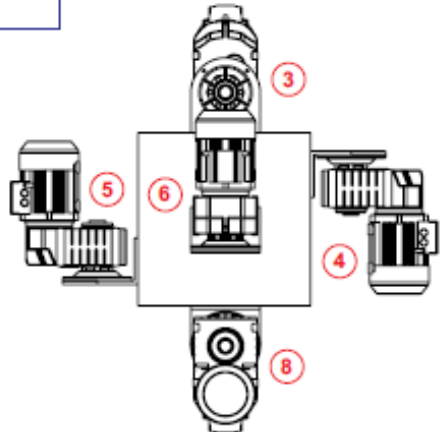
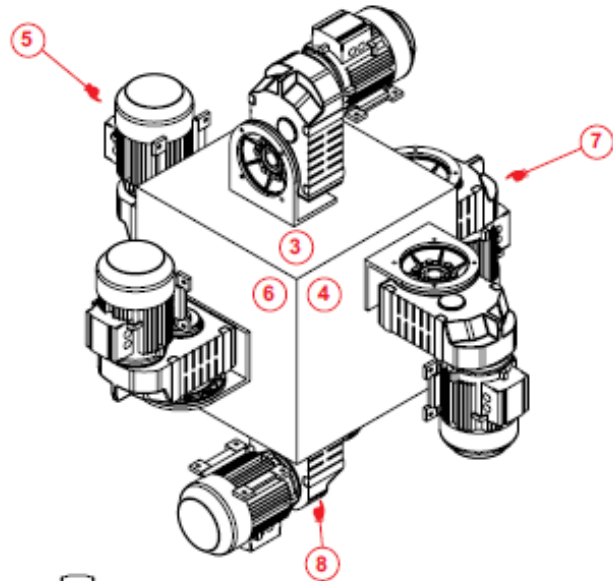
d	A	A ₁	B ₁	H	H ₁	H ₂	J	L	N	N ₁	G	s ₁	A ₅
20	32	21	31	64	33,3	16	96	126	17,6	12,4	M10	23,9	18,5
25	32	22	30,9	70,5	36,5	16	105	134	17,6	12,4	M10	23,4	18
30	40	25	35,6	82	42,9	19	121	159	21,4	14,4	M12	26,6	20
35	45	27	38,8	93	47,6	19	126	164	21,4	14,4	M12	29,3	22
40	48	30	43,6	99	49,2	19	136	176	21,4	14,4	M12	33,1	23,5

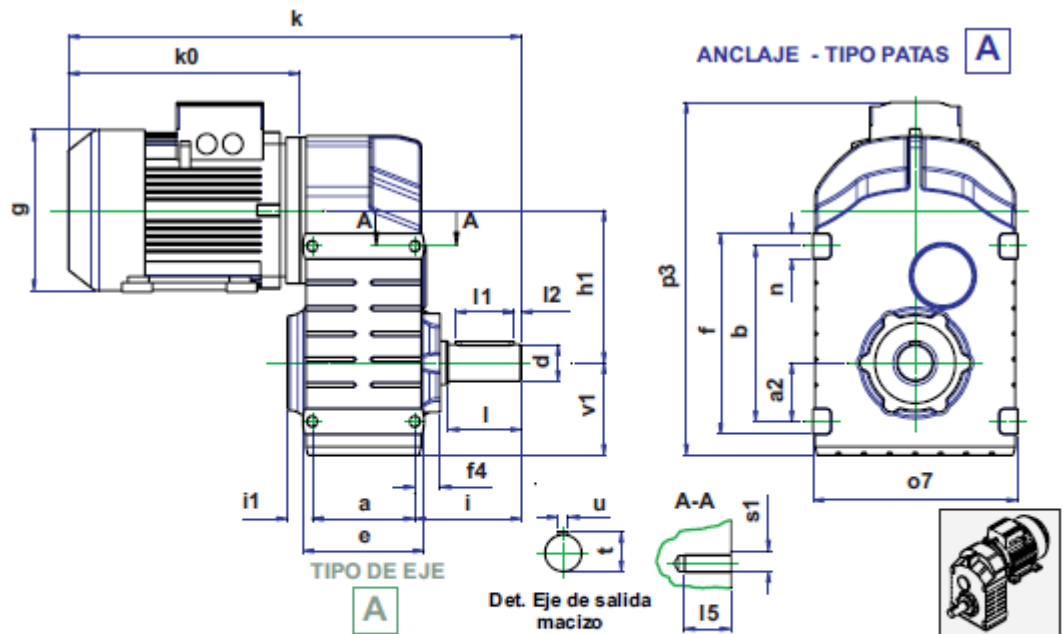
ANEXO J
Catalogo ramfe motorreductor

12.3 POSICIONES DE MONTAJE REDUCTORES HELICOIDAL DE EJES PARALELOS "S2000"

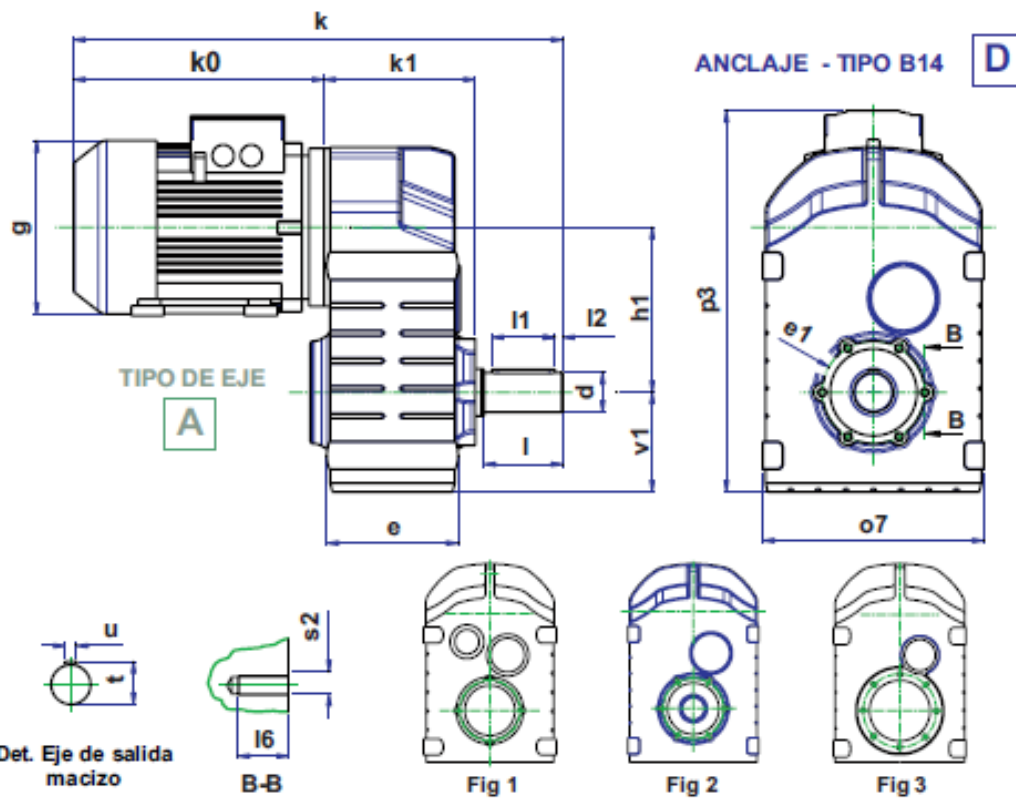
			D									
2	2	04	B	3	10H	A17	A	1				
1	2	3,4	5,6	7,8	10	11	12	13				

FORMA CONSTRUCTIVA
B - Anclaje tipo brida
D - Anclaje tipo B14





TAMAÑO	Motor	a	a2	d	e	f4	g	h1	i	l1	k	k0	l1	n	o7	p3	s1	t	u	v1
	b			l	f					l2			l2			l5	l5			
FG02	63	75	45	30	95	36	120	120	101	15	396	217	50	20	165	310	5/16"	33	75	
	71						148				389	210				303	UNC			
	80						163				413	234				309				
	90	138.5		60	160		181				460	281	5			317	12	3/8"		
FG03	71	90	49	35	110	32	148	138.5	106	27	416	210	56	20	190	331	3/8"	38	85	
	80						163				440	234				337	UNC			
	90						181				487	281				345				
	112	150		70	170		227				539	333	7			372	15	3/8"		
	80	110	60	40	135	40	163	169	121	29	476	234	70	25	225	388	1/2"	43.5	105	



TAMAÑO	Motor	d l	e	e_1	g	h_1	k	k_0	k_1	l_1 l_2	o_7	p_3	s_2 l_6	t u	v_1
FG 02	63	30	95	90	120	120	396	217	114	50	165	310	1/4"	33	75
	71				148		389	210				303	UNC		
	80				163		413	234				309			
	90	60		Fig 1	181		460	281		5		317	14	3/8"	
FG 03	71	35	110	100	148	138.5	417	210	132	56	190	331	5/16"	38	85
	80				163		441	234				337	UNC		
	90				181		488	281				345			
	112	70		Fig 2	227		540	333		7		372	20	3/8"	

ANEXO K
Propiedades acero 1006

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESA- MIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in. %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

ANEXO L
Cotizaciones



NIT. 900.923.100-4

ANDINA DE TRANSMISIONES S.A.S

SERVICIO PROFESIONAL Y ESPECIALIZADO EN
ELEMENTOS PARA TRANSMISION DE POTENCIA.

FECHA 19/11/2018 COTIZACIÓN N° CN 18058

NOMBRE	CONDICIONES DE PAGO
ATN FABIAN QUIMBAYO	POR DEFINIR
CIUDAD BOGOTA	ASESOR CRISTIAN JIMENEZ
	ELABORO CARLOS NARANJO

ITEM	CANT	DESCRIPCION	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
1	7	CAJA X 3.05 MTS CADENA 35-1 (SENCILLA) ZSG	\$ 33.753	\$ 236.271
2	7	CAJA X 3.05 MTS CADENA 35-1 (SENCILLA) PCC	\$ 38.633	\$ 270.431
3	20	PIÑON 35 B 25 DIENTES SKF	\$ 39.866	\$ 797.320
4	20	PIÑON 35 B 25 DIENTES ZSG	\$ 13.333	\$ 266.660
5	20	PIÑON 35 B 25 DIENTES AB	\$ 16.000	\$ 320.000
6	5	CHUMACERA SYK 20 TF SKF	\$ 65.333	\$ 326.665
7		MERCANCIA PARA ENTREGA INMEDIATA		\$ -
8				\$ -
9				\$ -

OBSERVACIONES:

	SUBTOTAL	\$ 2.217.347
	IVA	\$ 421.296
	TOTAL	\$ 2.638.643

CONDICIONES COMERCIALES

Validez de la oferta 15 días
Tiempo de entrega INMEDIATA



Cra. 28 N° 11-67 Of. 341 • Centro Empresarial Ricaurte - Tel.: 467 3418 • Cels.: 310 329 0179 / 313 483 0743
E-mail: andinadetransmisiones@hotmail.com • www.andinadetransmisiones.com



ISESAS
Industrial Services & Equipment S.A.S

ISESAS
Carrera 9 #127C-60. Oficina 203
Edificio Suisse Centre
Bogotá, Colombia
+57 (1) 927-9480
www.isesasgroup.com

OFERTA COMERCIAL No. IS-18-342

Para: **FABIAN QUIMBAYO** De: Industrial Services & Equipment S.A.S.
Att: **Persona Contacto: Holbert Veliz**
Referencia: **Teléfono: +57 (316) 434-3541**

Estimados Señores,
Queremos agradecerles su amable invitación a cotizar la solicitud de la referencia y en respuesta le presentamos nuestra mejor oferta:

Item	Descripción	Und	Cant	Precio Unitario	Precio Total
1	Viga estructura de acero HEM 280 A572	PZA	1	1.735.000,00	1.735.000,00
2	Columna estructural UPE 330 A572	PZA	2	2.477.000,00	4.954.000,00
3	Lamina de acero acero AISI 1020	PZA	1	2.247.000,00	2.247.000,00
4	Lamina de acero acero AISI 1020	PZA	2	1.285.000,00	2.570.000,00
5	Barra de acero macizo 1-1/2	PZA	1	87.000,00	87.000,00
6	Perfil cuadrado de acero AISI 1020	PZA	2	451.000,00	902.000,00
7	Taladrados según plano	PZA	20	19.500,00	390.000,00
8	Tornillos 1/4 M10	PZA	8	900,00	7.200,00
9	Tornillos 1/2 M10	PZA	4	700,00	2.800,00
10	Tornillos 10mm M 10	PZA	8	1.100,00	8.800,00
11	MORDAZAS YALE BEAM CLIMP	PZA	2	345.000,00	690.000,00
Notas:				Precio Total	12.885.000,00

Términos & Condiciones

Impuesto	IVA Incluido.
Términos de Pago	100% Prepagado.
Incoterm	EX WORKS
Tiempo de Entrega	30 Días
Validez de la Oferta	60 Días
Moneda	COP
Inspección	LA EMPRESA o su agente asignado está autorizado a realizar inspecciones en cualquier momento del proceso desde la recepción de la orden de compra hasta la entrega. El costo de la inspección correrá por cuenta del comprador.

- Los tiempos de entrega son estimados y pueden cambiar en función de la disponibilidad de piezas.
- ISESAS no será responsable por ninguna multa o cargo incurrido por retrasos en la entrega, a menos que se acuerde por escrito. Todas las partes citadas están sujetas a venta previa.
- Cualquier disminución en las cantidades en el momento del pedido puede aumentar el precio unitario cotizado.
- Ordenes de compra parciales sujetas a aprobación previa.
- Cancelación del pedido sujeta a la aprobación del proveedor. Pueden aplicarse sanciones.
- La colocación del pedido representará su aceptación de estos Términos y condiciones.

Fecha : 15 de Noviembre de 2018
 Atn: Sr. Fabian Quimbaya



Nit: 860.089.344-6
 Carrera 69 N° 17A-96 Bogotá, Colombia
 PBX: (57-1) 7450808, Fax: (57-1) 2926129
 www.ramfe.com.co ventas@ramfe.com.co

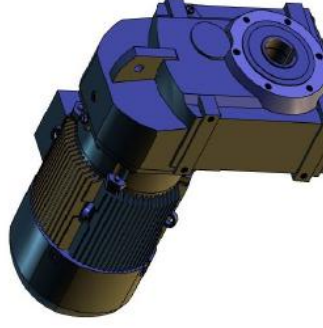
Ctr N°: 64980

Tenemos el gusto de cotizar lo siguiente:

Item	Referencia	Descripción	Eje de salida	Motor		Rel.	rpm salida	Par de salida (Nm)	FS	Cant.	Valor unitario	Valor total
				Pot. HP	Vel. rpm							
3	F602-3142-77,76-W4063-63/B31	Motoreductor Ramfe helicoidal de ejes paralelos eje de salida hueco montaje de patas, taladrado en las dos caras. Posición horizontal, acoplado a motor Wey trifásico 220/440 v de propósito general, protección Ip 55, eficiencia le1	Eje hueco con diámetro = 30 mm	0,25	1710	77,78	22,0	78,2	2,4	1	1.605.000	1.605.000

Iva	19%
Forma de Pago :	50 % con el pedido-50 % antes de la entrega
Entrega:	5 días hábiles
Sitio de Entrega :	Bogotá
Validez:	30 Días
Garantía:	Un Año

Walter Rodríguez C
 Asesor Técnico Comercial
 Cel:3102356229





Presupuesto
Ref. : PR1811-0849
Fecha : 15/11/2018
Fecha fin de validez : 15/12/2018
Código cliente : CU1811-0464

De:

INH Technologies S.A.S.
Nombre: DAVID CAMARGO L.
Carrera 70A # 107-06
111121 Bogotá, D.C.

Teléfono: 7036879
Email: ventas@inh.com.co
Web: www.inh.com.co

Enviar a:

Incooterm : DDP - Bogotá, D.C.

Importes visualizados en Dólares USA

Descripción	IVA	P.U.	Cant.	Base imponible
RC-5013 50 Ton Cylinder, S/A, Stroke 13".	19%	2.657,97	1	2.657,97
P-801 Pump. Hand. 2Speed	19%	1.115,05	1	1.115,05
G2535L 2 1/2 Pulg. Gauge. 010.000 PSI. Manómetro de presión hidráulica de hasta 10,000 PSI, con diametro de caratula de 2.5" y conector NPTF de 1/4".	19%	124,82	1	124,82
GA-3 Gauge Adaptor. Adaptador para manómetro, serie GA.	19%	80,80	1	80,80
HC-9206 6 Ft. Hose. w/ CH804. 3/8 Pulg. NPTF .25 Pulg. I.D.	19%	126,40	1	126,40

Tiempo de entrega:	De 2 a 3 semanas.	Base imponible	4.105,04
Condiciones de pago:	70% a la Orden de Compra, 30% contra entrega de la mercancía.	Total IVA 19%	779,96
		Total	4.885,00

Pagos por Transferencia Bancaria:

BBVA (Pagos TEVEO): cuenta corriente No. 958000101
DAVIVIENDA: cuenta corriente No. 009769998452
HELM BANK: cuenta corriente No. 01600296-2
CITI BANK: cuenta corriente No. 1009238525

Pago con Tarjeta de Crédito (Visa/MasterCard)
Pago a crédito con Aval Asodatos

Aceptación por escrito, sello de la empresa, fecha y firma