

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2016 / 2017

PROYECTO DE DISEÑO Y CÁLCULO DEL BRAZO ARTICULADO DE UNA PALA EXCAVADORA

1. ÍNDICE GENERAL

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: ASIER
APELLIDOS: LÓPEZ GUINEA

FDO.:
FECHA: 01/09/2017

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: ITZIAR
APELLIDOS: MARTIJA LÓPEZ
DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:
FECHA: 01/09/2017

Índice del documento 2. MEMORIA

2.1. Objeto.....	4
2.2. Alcance	4
2.2.1. Análisis funcional del proyecto	4
2.2.2. Desarrollo tecnológico del proyecto	5
2.2.3. Estimación de cálculos	6
2.3. Antecedentes	7
2.3.1. Introducción a las excavadoras	7
2.3.2. Excavadoras hidráulicas	9
2.3.2.1. Retroexcavadora	11
2.3.2.2. Excavadora de empuje frontal	12
2.3.2.3. Excavadora bivalva con brazo telescópico	13
2.4. Normas y referencias	13
2.4.1. Disposiciones legales y normativas	13
2.4.2. Bibliografía	14
2.4.2.1. Libros consultados.....	14
2.4.2.2. Monografías docentes consultadas	14
2.4.3. Referencias online.....	15
2.4.3.1. Manuales y catálogos consultados.....	15
2.4.3.2. Webs de empresas consultadas.....	15
2.4.3.3. Otras webs consultadas	16
2.4.4. Programas informáticos utilizados para el desarrollo del proyecto	16
2.5. Abreviaturas y simbología.....	17
2.5.1. Abreviaturas utilizadas.....	17
2.5.2. Simbología utilizada	17
2.6. Requisitos de diseño	19
2.6.1. Requisitos preestablecidos por la empresa	19
2.6.2. Zona de funcionamiento	20
2.7. Solución adoptada.....	22
2.7.1. Composición del mecanismo adoptado.....	22
2.7.2. Funcionamiento del mecanismo adoptado	24

2.7.3. Marco teórico empleado para la resolución	26
2.7.3.1. Análisis cinemático	26
2.7.3.1.1. Movimiento Plano	27
2.7.3.2. Análisis dinámico	31
2.7.3.2.1. Leyes fundamentales de la dinámica (Leyes de Newton)	31
2.7.3.2.2. Teoremas fundamentales de la dinámica	32
2.7.3.2.3. Principio de D'Alembert	35
2.7.3.3. Elasticidad y resistencia de materiales.....	37
2.7.3.3.1. Método de elementos finitos.....	38
2.7.3.3.2. Teoría de fallo.....	42
2.7.3.3.3. Dimensionamiento actuadores hidráulicos	44
2.7.4. Resultados finales.....	46
2.7.4.1. Elementos principales	46
2.7.4.2. Bulones.....	49
2.7.4.3. Actuadores hidráulicos.....	50
2.7.5. Conclusiones	51
2.8. Planificación	53
2.9. Orden de prioridad de los documentos	54

Índice del documento 3. CÁLCULOS

3.1. Cálculos de las dimensiones principales	6
3.1.1. Posición de mayor alcance de excavación a nivel del suelo	8
3.1.2. Posición de máxima profundidad de excavación	10
3.1.3. Posición de máxima altura de carga	11
3.2. Cálculos cinemáticos	13
3.2.1. Posición de mayor alcance de excavación a nivel del suelo	17
3.2.1.1. Velocidades del elemento pluma	17
3.2.1.1.1. Velocidades del mecanismo completo	20
3.2.1.2. Aceleraciones del elemento pluma	21
3.2.1.2.1. Aceleraciones del mecanismo completo	25
3.2.2. Posición de máxima profundidad de excavación	26
3.2.2.1. Velocidades del elemento pluma	26
3.2.2.1.1. Velocidades del mecanismo completo	29
3.2.2.2. Aceleraciones del elemento pluma	31
3.2.2.2.1. Aceleraciones del mecanismo completo	35
3.2.3. Posición de máxima altura de carga	37
3.2.3.1. Velocidades del elemento pluma	37
3.2.3.1.1. Velocidades del mecanismo completo	39
3.2.3.1. Aceleraciones del elemento pluma	41
3.2.3.1.1. Aceleraciones del mecanismo completo	45
3.2.4. Aceleraciones críticas en los CDG	47
3.2.4.1. Posición de mayor alcance de excavación a nivel del suelo	47
3.2.4.2. Posición de máxima profundidad de excavación	47
3.2.4.2. Posición de máxima altura de carga	48
3.3. Cálculos dinámicos	49
3.3.1. Pesos	49
3.3.2. Fuerzas inerciales	51
3.3.2.1. Posición de mayor alcance de excavación a nivel del suelo	51
3.3.2.2. Posición de máxima profundidad de excavación	54
3.3.2.3. Posición de máxima altura de carga	57

3.3.2.4. Resumen de las fuerzas inerciales actuantes.....	60
3.3.3. Reacciones dinámicas en los pares	61
3.3.3.1. Reacciones dinámicas en posición de mayor alcance a NS.....	62
3.3.3.2. Reacciones dinámicas en posición de máxima profundidad de excavación.....	71
3.3.3.3. Reacciones dinámicas en posición de máxima altura de carga	75
3.4. Cálculos de resistencia de materiales	79
3.4.1. Dimensionamiento y comprobación de la sección de los bulones	79
3.4.2. Dimensionamiento y comprobación de los cilindros hidráulicos	82
3.4.2.1. Cilindro hidráulico de la pluma	83
3.4.2.2. Cilindro hidráulico del brazo	84
3.4.2.3. Cilindro hidráulico de la cuchara.....	85
3.5. Cálculos del sistema hidráulico	87

Índice del documento 4. ANEXO

2.1. Objeto del documento anexo.....	5
2.2. Diagramas cinemáticos de los actuadores hidráulicos.....	5
2.2.1. Primera secuencia del movimiento.....	5
2.2.1.1. Actuador hidráulico de la pluma.....	6
2.2.1.2. Actuador hidráulico del brazo.....	7
2.2.1.2. Actuador hidráulico de la cuchara.....	8
2.2.2. Segunda secuencia del movimiento.....	9
2.2.2.1. Actuador hidráulico de la pluma.....	10
2.2.2.2. Actuador hidráulico del brazo.....	11
2.2.2.3. Actuador hidráulico de la cuchara.....	12
2.2.3. Tercera secuencia del movimiento.....	13
2.2.3.1. Actuador hidráulico de la pluma.....	14
2.2.3.2. Actuador hidráulico del brazo.....	15
2.2.3.3. Actuador hidráulico de la cuchara.....	16
2.3. Datos de diseño proporcionados por CATIA.....	17
2.3.1. Elementos principales diseñados.....	17
2.3.1.1. Pluma.....	17
2.3.1.2. Brazo.....	18
2.3.1.3. Eslabón 1.....	19
2.3.1.4. Eslabón 2.....	20
2.3.1.5. Cuchara.....	21
2.3.2. Ensamblaje de los elementos principales diseñados.....	22
2.3.2.1. Ensamblaje posición mayor alcance a nivel del suelo.....	23
2.3.2.2. Ensamblaje posición máxima profundidad de excavación.....	24
2.3.2.3. Ensamblaje posición máxima altura de carga.....	25
2.4. Análisis MEF.....	26
2.4.1. Informe de los análisis realizados.....	27
2.4.1.1. Posición de mayor alcance a nivel del suelo.....	27
2.4.1.2. Posición de máxima profundidad de excavación.....	37
2.4.1.3. Posición de máxima altura de carga.....	47

2.5. Propiedades de los materiales empleados.....	57
2.5.1. Elementos principales	57
2.5.2. Bulones.....	58
2.5.3. Casquillos autolubricados	59
2.5.4. Elementos de unión.....	61
2.6. Dimensiones de los elementos normalizados utilizados.....	62
2.6.1. Casquillos autolubricados serie SB (fabricante Sanmetal S.A)	62
2.6.3. Tornillo cabeza hexagonal, rosca parcial DIN 931 (fabricante Andalinox S.L)	63
2.6.4. Tuerca autoblocante con inserción no metálica DIN 985 (fabricante Andalinox S.L)	64

Índice del documento 5. PLANOS

NÚMERO DE PLANO	TÍTULO DEL PLANO	FORMATO
01	Conjunto 3D explosionado	A2
02	Conjunto 2D	A2
03	Pluma	A2
04	Brazo	A3
05	Eslabón 1	A4
06	Eslabón 2	A4
07	Cuchara (Capacidad 0,6 m ³)	A3
08	Bulón \varnothing 150x1.020 (Articulación A)	A4
09	Bulón \varnothing 150x300 (Articulación B)	A4
10	Bulón \varnothing 150x900 (Articulación C)	A4
11	Bulón \varnothing 100x330 (Articulación D)	A4
12	Bulón \varnothing 100x490 (Articulación E)	A4
13	Bulón \varnothing 100x305 (Articulación F)	A4
14	Bulón \varnothing 80x330 (Articulación G)	A4
15	Bulón \varnothing 80x490 (Articulación H,I,J y K)	A4

Índice del documento 6. PLIEGO DE CONDICIONES

6.1. Disposiciones generales.....	3
6.1.1. Objeto del pliego	3
6.1.2. Documentación del proyecto.....	3
6.1.3. Compatibilidad y prelación entre documentos.....	4
6.2. Condiciones técnicas.....	5
6.2.1. Documentos de soporte.....	5
6.3. Condiciones facultativas.....	7
6.3.1. Jefe de fabricación	7
6.3.2. Obligaciones del Contratista	7
6.3.3. Plazos y comienzo de la fabricación	8
6.3.4. Fallos de fabricación o montaje	8
6.3.5. Garantía.....	9
6.4. Condiciones económicas.....	10
6.4.1. Garantías	10
6.4.2. Gastos e impuestos	10
6.4.3. Precios contradictorios.....	10
6.4.4. Reclamación por aumento de precios	11
6.4.5. Revisión de precios.....	11
6.4.6. Equivocaciones del presupuesto.....	12
6.4.7. Pagos	12
6.4.8. Suspensión por retrasos de pago	12
6.4.9. Indemnización por el retraso de los trabajos.....	12
6.4.10. Mejoras de fabricación.....	13
6.5. Condiciones legales.....	14
6.5.1. Marco jurídico	14
6.5.2. Régimen de intervención	14
6.5.3. Accidentes de trabajo y daños a terceros	15
6.5.4. Responsabilidad civil	15
6.5.5. Permisos y certificados.....	16
6.5.6. Rescisión del contrato	16

6.5.7. Disposiciones legales.....	16
-----------------------------------	----

ANEXO I. ESTUDIO DE SEGURIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

1. Introducción.....	18
2. Tipos de peligros que intervienen en el proceso de fabricación y montaje del brazo articulado.....	19
2.1. Peligro mecánico	19
2.2. Peligro eléctrico.....	20
2.3. Peligro térmico	20
2.4. Peligro producido por el ruido y las vibraciones	21
2.5. Peligros producidos por materiales y sustancias	21
2.6. Otros peligros	22
3. Medidas de prevención de los peligros.....	23
3.1. Medidas preventivas de los trabajadores	23
3.2. Medidas preventivas de las máquinas empleadas en la fabricación y montaje del brazo articulado	24
3.3. Requisitos esenciales de seguridad y salud que debe cumplir el diseño y fabricación del brazo articulado	26

ANEXO II. ESTUDIO DE CALIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

1. Introducción.....	30
2. Control de calidad de la documentación de fabricación.....	30
3. Control de calidad de la fabricación.....	31
4. Control de calidad de la documentación del montaje.....	31

Índice del documento 7. ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO

7.1. Costes de ingeniería	2
7.1.1. Costes de las licencias de los programas de cálculo empleados.....	2
7.1.2. Costes de la fase de cálculo.....	2
7.1.3. Costes de la fase de diseño mecánico.....	3
7.2. Costes de los componentes y materiales.....	4
7.2.1. Componentes diseñados.....	4
7.2.2. Componentes comerciales.....	5
7.3. Costes de fabricación, control de calidad y montaje	6
7.3.1. Costes de fabricación	6
7.3.2. Costes de pintura, tratamientos y control calidad.....	7
7.3.3. Costes de montaje y puesta en marcha.....	8
7.3.3.1. Costes de montaje.....	8
7.3.3.2. Costes de puesta en marcha	8
7.4. Costes totales	9
7.4.1. Costes de ingeniería	9
7.4.2. Costes de los componentes y materiales.....	9
7.4.3. Costes de fabricación, control de calidad y montaje	9