

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

REDISEÑO DEL SECADOR DE GRANOS PROYECTO SENESCYT TT-08-00001

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

ZAIDA SALOMÉ REVELO ARMAS

salome.revelo@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Adrián Patricio Peña Idrovo, Msc.

patricio.pena@epn.edu.ec

Quito, febrero 2016

DECLARACIÓN

Yo, ZAIDA SALOMÉ REVELO ARMAS, declaro que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ZAIDA SALOMÉ REVELO ARMAS

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por ZAIDA SALOMÉ REVELO ARMAS, bajo mi supervisión.

Ing. Adrián Peña, Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Mi infinito agradecimiento a Dios, mi padre celestial, que siempre cuidó de mí incluso en los momentos más difíciles de mi vida; gracias por guardar mi vida y gracias por tu infinita misericordia de permitirme llegar hasta aquí.

A mi madre Sonia, mujer virtuosa, porque su estima sobrepasa largamente a la de las piedras preciosas. Gracias por darme el regalo más precioso que es la vida. Atesoro cada una de sus enseñanzas. ¡Dios la bendiga siempre!

A mi padre Jorge, por tanto amor y por mostrarme lo simple que puede llegar a ser la vida a veces, son la razón de mi vida.

Manuel, gracias por ser mi hermano, nunca cambiará el amor que siento por ti y mi eterno agradecimiento por estar ahí a lo largo de toda mi existencia.

Pedro, gracias por ser mi apoyo y la ayuda idónea a lo largo de la realización este proyecto pero sobre todo por ayudarme a crecer como profesional y como persona. Gracias mi amor, te amo.

Daniela, mi gran amiga, por enseñarme el valor de la vida y la amistad verdadera, siempre han pesado más nuestros aciertos que nuestras diferencias. Te quiero amiga.

Mi profundo agradecimiento a cada una de las personas que estuvieron a mi lado y creyeron en mí, mis amigos: Mayra, Estefanía y Wilber.

Al Ing. Adrián Peña, por su acertada dirección y transferencia de conocimientos a lo largo de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional. ¿Si me preguntan, fue difícil? La respuesta es sí, pero no hay satisfacción más grande que haberlo logrado.

DEDICATORIA

Este proyecto es para la honra y gloria de Dios, creador de todas las cosas, me has mostrado tu fidelidad en cada paso que doy. Todo lo que soy y todo lo que tengo, es gracias a tu amor.

Con profundo amor y respeto, para mis padres, Sonia y Jorge, las personas que me dieron la vida y quienes me amaron desde siempre, todos sus esfuerzos no fueron en vano; he aquí el fruto de tanto sacrificio. No tengo cómo pagarles tanto amor. ¡Dios les pague!

Para mi hermano, Manuel, los sueños se cumplen, nunca decaigas que siempre podrás contar con mi apoyo. ¡El cielo es el límite!

Pedro, la persona que siempre me impulsó a seguir adelante, estaré siempre agradecida contigo por creer en mí cuando nadie más lo hizo. Te amo, gracias por existir y permitirme disfrutar de tu compañía.

*“Mira que te mando que te esfuerces y seas valiente; no temas ni desmayes, porque Jehová tu Dios estará contigo en dondequiera que vayas.” **Josué 1:9***

INDICE

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	XVII
PRESENTACIÓN	XXIV
 CAPITULO 1	
GENERALIDADES DEL SECADOR DE GRANOS PROYECTO SENESCYT	
TT-08-00001	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	2
1.1.2. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	2
1.1.3. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE MAÍZ AMARILLO DURO	3
1.2. PARÁMETROS TÉCNICOS DEL SECADOR	4
1.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL MAÍZ	4
1.2.2. DATOS GENERALES DEL SECADOR	5
1.2.2.1. PARÁMETROS PRINCIPALES	5
1.2.2.1.1. CAPACIDAD	5
1.2.2.1.2. ALTURA DEL LECHO DE GRANOS	5
1.2.2.1.3. VELOCIDAD DE GIRO DE LAS PALETAS	6
1.2.2.1.4. VELOCIDAD DEL AIRE DE SECADO	6
1.2.2.1.5. COMBUSTIBLE	6
1.2.2.1.6. TEMPERATURA DE SECADO	6
1.2.2.2. CÁMARA DE SECADO	6
1.2.2.3. SISTEMA DE PALETAS AGITADORAS	7
1.2.2.4. QUEMADOR Y VENTILADOR	7
1.2.2.5. TIEMPO Y COSTO DE LA ENERGÍA DE SECADO	7
1.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	8

1.3.1.	INVERSIÓN TOTAL	8
1.3.2.	TIEMPO DE EJECUCIÓN	8
1.3.3.	CONDICIONES AMBIENTALES.....	8
1.3.4.	ASEQUIBILIDAD DE MATERIALES	9
1.3.5.	TRANSPORTE	10
1.4.	COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO.....	10
1.4.1.	PRODUCCIÓN DE MAÍZ.....	10
1.4.2.	EFFECTIVIDAD DEL SECADO	10
1.4.3.	APORTE A LA TECNIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN	11
1.5.	VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO	11
1.5.1.	ACCESIBILIDAD A REPUESTOS	11
1.5.2.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	11
1.5.3.	TIEMPO DE TRABAJO.....	12
1.6.	IMPACTO AMBIENTAL	12
1.6.1.	COMBUSTIBLES.....	12
1.6.1.1.	CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL GLP	12
1.6.2.	GASES NOCIVOS.....	12
1.6.2.1.	RIESGOS DEL GLP	12
1.6.2.2.	GASES DE COMBUSTIÓN	13
1.6.2.3.	ESCAPES.....	13
1.6.3.	MITIGACIÓN DE RIESGOS	13
CAPITULO 2		
ESTUDIO DE CAMPO		
2.1.	REVISIÓN DEL PROTOTIPO INICIAL.	14
2.1.1.	OBRA CIVIL	14
2.1.1.1.	REPLANTEO Y NIVELACIÓN:	14
2.1.1.2.	EXCAVACIÓN PARA PLINTOS Y CIMIENTOS:	15
2.1.1.3.	ESTRUCTURA DE REFUERZO PARA EL MURO CIRCULAR:	16
2.1.1.4.	FUNDICIÓN DE PLINTOS Y CIMIENTOS:.....	16
2.1.1.5.	ENCOFRADOS:	17

2.1.1.6. FUNDICIÓN DEL MURO:.....	17
2.1.1.7. MALLA ELECTROSOLDADA:.....	18
2.1.1.8. FUNDIDO DE BASE:.....	18
2.1.2. PISO DEL SECADOR	19
2.1.2.1. ESTRUCTURA PISO FALSO:.....	19
2.1.2.2. PARED DE LADRILLO (REFRACTARIO):	19
2.1.2.3. PLANCHA PERFORADA:.....	20
2.1.3. ESTRUCTURA METÁLICA LATERAL CIRCULAR.....	20
2.1.3.1. SOPORTES VERTICALES:.....	20
2.1.3.2. PLANCHA BAROLADA:	21
2.1.4. ANILLO MOTRIZ	21
2.1.4.1. SOPORTES:.....	21
2.1.4.2. PERFILES BAROLADOS Y VARILLAS SOPORTE:.....	22
2.1.5. ESTRUCTURA SOPORTE DEL EJE CENTRAL.....	22
2.1.5.1. PERFILES SOPORTE PRINCIPAL:	22
2.1.5.2. PERFILES SOPORTE CHUMACERAS:.....	23
2.1.5.3. CHUMACERAS:	23
2.1.6. SISTEMA PORTAPALETAS.....	24
2.1.6.1. EJE CENTRAL:	24
2.1.6.2. ACOPLA AL EJE CENTRAL:.....	24
2.1.6.3. EJE PORTAPALETAS:.....	25
2.1.6.4. PALETAS:	25
2.1.6.5. EJE TRANSVERSAL CUADRADO:.....	26
2.1.6.6. SOPORTE EN LA ESTRUCTURA MOTRIZ:	26
2.1.7. SISTEMA MOTRIZ	27
2.1.7.1. COLUMNA SOPORTE:	27
2.1.7.2. MOTOR-REDUCTOR:.....	27
2.1.7.3. EJE MOTRIZ:	28
2.1.7.4. EJE TRANSVERSAL CUADRADO:.....	29
2.2. CONDICIONES ACTUALES DEL SECADOR	29

2.2.1. INSPECCIÓN VISUAL.....	30
2.2.1.1. ESTRUCTURA CIVIL Y METALMECÁNICA:.....	30
2.2.1.2. SISTEMA MOTRIZ:	31
2.2.1.3. QUEMADOR:	31
2.2.1.4. SISTEMA DE GAS CENTRALIZADO	
2.2.1.5. CONEXIONES ELÉCTRICAS:.....	32
2.3. CRITERIO DEL OPERADOR-PROPIETARIO.....	34
2.3.1. CONDICIONES DE TRABAJO.	34
2.3.2. RENDIMIENTO Y DATOS DE PRODUCCIÓN.	34
2.4.3. PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA OPERACIÓN.	35
2.4. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO	36
CAPITULO 3	
REDISEÑO DE COMPONENTES DEL SECADOR DE GRANOS.....	37
3.1. SISTEMA MOTRIZ Y AGITADOR DE GRANO.....	37
3.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	37
3.1.2. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	38
3.1.3. ALTERNATIVA I: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES VERTICALES.	39
3.1.3.1. DESCRIPCIÓN:.....	39
3.1.3.2. PARTES PRINCIPALES:.....	40
3.1.3.3. FUNCIONAMIENTO:	40
3.1.3.4. COSTO:.....	40
3.1.3.5. VENTAJAS:.....	41
3.1.3.6. DESVENTAJAS:.....	41
3.1.4. ALTERNATIVA 2: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES TRANSVERSALES.....	41
3.1.4.1. DESCRIPCIÓN:.....	42
3.1.4.2. PARTES PRINCIPALES:.....	42
3.1.4.3. FUNCIONAMIENTO:	43
3.1.4.4. COSTO:.....	43

3.1.4.5. VENTAJAS:.....	44
3.1.4.6. DESVENTAJAS:.....	44
3.1.5. ALTERNATIVA 3: SISTEMA MOTRIZ CON ENGRANAJES Y PALETAS AGITADORAS DE GRANO.....	44
3.1.5.1. DESCRIPCIÓN:.....	45
3.1.5.2. PARTES PRINCIPALES:.....	45
3.1.5.3. FUNCIONAMIENTO:.....	45
3.1.5.4. COSTO:.....	46
3.1.5.5. VENTAJAS:.....	46
3.1.5.6. DESVENTAJAS:.....	47
3.1.6. PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	47
3.1.7. ALTERNATIVA SELECCIONADA.	48
3.1.8. PROTOTIPO.	48
3.1.9. DISEÑO Y CÁLCULOS.	49
3.1.9.1. DISEÑO DE PALETAS:.....	49
3.1.9.1.1. DIMENSIONAMIENTO DE LAS PALETAS:.....	50
3.1.9.1.2. CÁLCULO DEL TORQUE NECESARIO:.....	51
3.1.9.1.3. CÁLCULO DEL ESFUERZO EN PALETAS:.....	53
3.1.9.2. SELECCIÓN DEL REDUCTOR:.....	55
3.1.9.2.1. PARÁMETROS DE SELECCIÓN:.....	55
3.1.9.2.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS:.....	55
3.1.9.2.3. ESQUEMA DE DIMENSIONES DEL EJE DE ACOPLA AL REDUCTOR:.....	55
3.1.9.3. SELECCIÓN DEL MOTOR:.....	56
3.1.9.3.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE MOTOR NECESARIA:.....	56
3.1.9.3.2. PARÁMETROS DE SELECCIÓN:.....	57
3.1.9.3.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS:.....	57
3.1.9.4. DISEÑO DEL EJE CENTRAL:.....	57
3.1.9.4.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO MÍNIMO DEL EJE:.....	57
3.1.9.5. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS:.....	59

3.1.9.5.1. PARÁMETROS DE SELECCIÓN:	59
3.1.9.5.2. CÁLCULO DE CARGA DINÁMICA EN EL RODAMIENTO:.....	59
3.1.9.5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS:	60
3.1.9.5.4. ESQUEMAS:	61
3.1.9.6. VIGA:.....	62
3.1.9.6.1. DIAGRAMAS:.....	63
3.1.9.6.2. CÁLCULOS:.....	64
3.1.9.6.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS:	65
3.1.9.7. COLUMNA SOPORTE:	65
3.1.9.7.1. DATOS DE DISEÑO:.....	65
3.1.9.7.2. CÁLCULOS DE COLUMNA DE HORMIGÓN ARMADO:	66
3.2. DESCARGA DE GRANOS	67
3.2.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	67
3.2.2. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.	67
3.2.3. ALTERNATIVA I: SISTEMA DE DESCARGA A TRAVÉS DEL PISO.	68
3.2.3.1. DESCRIPCIÓN:.....	68
3.2.3.2. PARTES PRINCIPALES:.....	68
3.2.3.3. FUNCIONAMIENTO:	69
3.2.3.4. COSTO:.....	69
3.2.3.5. VENTAJAS:.....	70
3.2.3.6. DESVENTAJAS:.....	70
3.2.4. ALTERNATIVA II: SISTEMA DE DESCARGA POR MEDIO DE TORNILLO TRANSPORTADOR (BAZUCA) Y COMPUERTA LATERAL AUXILIAR.	70
3.2.4.1. DESCRIPCIÓN:.....	70
3.2.4.2. PARTES PRINCIPALES:.....	71
3.2.4.3. FUNCIONAMIENTO:	71
3.2.4.4. COSTO:.....	71
3.2.5. PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	72
3.2.6. ALTERNATIVA SELECCIONADA.	73

3.2.7. PROTOTIPO.....	73
3.2.8. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	74
3.2.8.1. TRANSPORTADOR DE TORNILLO.....	74
3.2.8.1.1. DATOS DE OPERACIÓN:.....	74
3.2.8.1.2. EJEMPLO DE EQUIPO TIPO:.....	75
3.3. PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	76
3.3.1. FORMATO DE PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	76

CAPITULO 4

NORMATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y OPERACIÓN DEL SECADOR.....	78
4.1. GENERALIDADES.....	78
4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE OBRA CIVIL DEL SECADOR.....	78
4.2.1. CUERPO DEL SECADOR.....	79
4.2.1.1. PISO.....	80
4.2.1.1.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.....	80
4.2.1.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	80
4.2.1.1.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	80
4.2.1.1.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	81
4.2.1.2. PARED CIRCULAR.....	82
4.2.1.2.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.....	82
4.2.1.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	82
4.2.1.2.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	83
4.2.1.2.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	87
4.2.1.3. ESTRUCTURA SOPORTE.....	87
4.2.1.3.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS.....	88
4.2.1.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	88
4.2.1.3.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	88
4.2.1.3.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	89
4.2.1.4. PLANCHAS BAROLADAS.....	90

4.2.1.4.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	90
4.2.1.4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	90
4.2.1.4.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	90
4.2.1.4.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	91
4.2.1.5. PLANCHAS PERFORADAS	92
4.2.1.5.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	92
4.2.1.5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	92
4.2.1.5.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	93
4.2.1.5.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	93
4.2.2. COLUMNAS SOPORTE DEL SISTEMA MOTRIZ	94
4.2.2.1. PLINTO	94
4.2.2.1.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	94
4.2.2.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	95
4.2.2.1.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	95
4.2.2.1.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	96
4.2.2.2. COLUMNA CON MÉNSULA.....	97
4.2.2.2.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	97
4.2.2.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	97
4.2.2.2.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	98
4.2.2.2.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	99
4.2.3. SISTEMA DE DESCARGA	99
4.2.3.1. TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN FÍN	99
4.2.3.1.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	100
4.2.3.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	100
4.2.3.1.3. PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	100
4.2.3.1.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	101
4.2.3.2. COMPUERTA EN LA PARTE LATERAL DEL SECADOR.....	101
4.2.3.2.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	101
4.2.3.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	101
4.2.3.2.3. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN.....	102

4.2.3.2.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	102
4.3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DE GRANO	102
4.3.1. VIGA SOPORTE.....	103
4.3.1.1. VIGA TIPO IPE	104
4.3.1.1.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	104
4.3.1.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	104
4.3.1.1.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	104
4.3.1.1.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	105
4.3.2. BASE CON RODAMIENTOS.....	105
4.3.2.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	106
4.3.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	106
4.3.2.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	107
4.3.2.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	107
4.3.3. EJE CON PALETAS	108
4.3.3.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	108
4.3.3.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	109
4.3.3.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	109
4.3.3.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	109
4.3.4. MOTOR - REDUCTOR.....	110
4.3.4.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	110
4.3.4.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	110
4.3.4.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	111
4.3.4.4. MEDICIÓN, UNIDAD Y VERIFICACIÓN.....	111
4.4. INSTALACIONES AUXILIARES	112
4.4.1. TANQUE DE GLP.....	112
4.4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	112
4.4.1.1.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	112
4.4.1.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	112
4.4.1.1.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	113
4.4.2. ACOMETIDA ELÉCTRICA	113

4.4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	113
4.4.3. TABLERO DE OPERACIÓN Y CONTROL	113
4.5. QUEMADOR Y VENTILADOR.....	113
4.5.1. QUEMADOR	114
4.5.1.1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	114
4.5.1.1.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	114
4.5.1.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	114
4.5.1.1.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	114
4.5.2. VENTILADOR.....	115
4.5.2.1. DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	115
4.5.2.1.1. MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	115
4.5.2.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	115
4.5.2.1.3. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE.....	115
4.6. OPERACIÓN DEL SECADOR.....	116
CAPITULO 5	
ESTUDIO DE COSTOS	117
5.1. INTRODUCCIÓN.....	117
5.2. VALOR DEL REDISEÑO DEL SECADOR	117
5.2.1. COSTO DE MATERIALES	118
5.2.2. COSTO DE EQUIPAMIENTO.....	119
5.2.3. COSTO DE MONTAJE.....	119
5.2.4. COSTO DE DISEÑO	120
5.2.5. IMPREVISTOS	120
5.2.6. VALOR TOTAL DEL REDISEÑO.....	120
5.3. VALOR DE LA OBRA CIVIL	121
5.3.1. COSTO DE MATERIALES	121
5.3.2. COSTO DE EQUIPAMIENTO.....	122
5.3.3. VALOR TOTAL ACTUALIZADO DE LA OBRA CIVIL	122
5.4. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	122

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	124
6.1. CONCLUSIONES	124
6.2. RECOMENDACIONES.....	125
ANEXOS Y PLANOS.....	128
ANEXO 1: CATÁLOGO REDUCTOR.....	129
ANEXO 2: CATÁLOGO MOTOR.....	130
ANEXO 3: CATÁLOGO DE RODAMIENTOS	131
ANEXO 4: CATÁLOGO DE PERFILES.....	132
ANEXO 5: CATÁLOGO DE ACEROS.....	133
ANEXO 6: PLANOS	134

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 PRODUCCIÓN NACIONAL DE MAÍZ AMARILLO DURO.....	4
TABLA 1.2 APORTACIÓN MAICERA DE LA PROVINCIA DE LOS RÍOS.....	4
TABLA 1.3 PARÁMETROS DEL MAÍZ UTILIZADOS EN EL DISEÑO.....	5
TABLA 1.4 MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROTOTIPO.....	9
TABLA 3.1 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA I.....	41
TABLA 3.2 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA II.....	44
TABLA 3.3 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA III.....	46
TABLA 3.4 CALIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	48
TABLA 3.5 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA I PARA LA DESCARGA DE GRANO.....	69
TABLA 3.6 COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA II PARA LA DESCARGA DE GRANO.....	72
TABLA 3.7 CALIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS.....	73
TABLA 3.8 PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	77
TABLA 5.1 COSTOS DE MATERIALES.....	118
TABLA 5.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	119
TABLA 5.3 COSTOS DE MONTAJE.....	119
TABLA 5.4 COSTOS DE IMPREVISTOS.....	120
TABLA 5.5 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	120
TABLA 5.6 COSTO DE MATERIALES.....	121
TABLA 5.7 COSTOS DE EQUIPAMIENTO.....	122
TABLA 5.8 COSTO DIRECTO TOTAL.....	122
TABLA 5.9 COSTO TOTAL DEL REDISEÑO DE LA MÁQUINA.....	123

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA FEDERACIÓN “TIERRA FÉRTIL”	2
FIGURA 1.2 DIVISIÓN CANTONAL DE LOS RÍOS	3
FIGURA 2.1 REPLANTEO Y NIVELACIÓN REALIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	14
FIGURA 2.2 ESQUEMA DE EXCAVACIONES.....	15
FIGURA 2.3 EXCAVACIÓN DE PLINTOS Y CIMIENTOS REALIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	15
FIGURA 2.4 ESTRUCTURA DE REFUERZO REALIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	16
FIGURA 2.5 FUNDICIÓN DE PLINTOS Y CIMIENTOS REALIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	16
FIGURA 2.6 ENCOFRADO PARA EL MURO REALIZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	17
FIGURA 2.7 FUNDICIÓN DE MURO REALIZADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	17
FIGURA 2.8 MALLA ELECTROSOLDADA COLOCADA EN EL PISO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	18
FIGURA 2.9 FUNDICIÓN DEL PISO DEL SECADOR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	18
FIGURA 2.10 ESTRUCTURA DEL PISO DEL SECADOR COLOCADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	19
FIGURA 2.11 LADRILLO REFRACTARIO COLOCADO EN LA PARED INTERNA DEL SECADOR, DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	19
FIGURA 2.12 PLANCHA PERFORADA COLOCADA EN EL PISO DEL SECADOR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	20
FIGURA 2.13 SOPORTES VERTICALES COLOCADOS EN EL MURO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	20
FIGURA 2.14 PLANCHA BAROLADA DE LA PARED DEL SECADOR INSTALADA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO..	21
FIGURA 2.15 SOPORTES PARA LA ESTRUCTURA MOTRIZ INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	21

FIGURA 2.16 ESTRUCTURA MOTRIZ INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	22
FIGURA 2.17 ESTRUCTURA SOPORTE DEL EJE CENTRAL INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	22
FIGURA 2.18 PERFILES SOPORTE DE CHUMACERA INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	23
FIGURA 2.19 CHUMACERA INSTALADA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	23
FIGURA 2.20 EJE CENTRAL INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	24
FIGURA 2.21 ACOPLE EJE CENTRAL INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	24
FIGURA 2.22 EJE PORTAPALETAS INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	25
FIGURA 2.23 PALETAS INSTALADAS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	25
FIGURA 2.24 EJE TRANSVERSAL CUADRADO INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	26
FIGURA 2.25 SOPORTE EN LA ESTRUCTURA MOTRIZ INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	26
FIGURA 2.26 COLUMNA SOPORTE CIMENTADA DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	27
FIGURA 2.27 MOTOR – REDUCTOR MONTADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	28
FIGURA 2.28 EJE MOTRIZ ACOPLADO AL MOTORREDUCTOR DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO	28
FIGURA 2.29 EJE TRANSVERSAL CUADRADO INSTALADO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO.....	29
FIGURA 2.30 ENTRADA A LA CIUDAD DE VENTANAS	29
FIGURA 2.31 PREDIOS EN LOS QUE SE ENCUENTRA INSTALADO EL EQUIPO.	30
FIGURA 2.32 PROTOTIPO DEL SECADOR DE GRANOS EN LA ACTUALIDAD.....	30
FIGURA 2.33 QUEMADOR Y SUS COMPONENTES.	31

FIGURA 2.34 MOTOR DEL VENTILADOR PARA EL QUEMADOR.	31
FIGURA 2.35 TUBERÍA INSTALADA DEL GAS CENTRALIZADO.	32
FIGURA 2.36 TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE GAS.	32
FIGURA 2.37 BARRAS DE LA ACOMETIDA ELÉCTRICA.	33
FIGURA 2.38 EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO EN LOS TABLEROS.	33
FIGURA 2.39 PALETAS UTILIZADAS PARA REMOVER EL GRANO DE MAÍZ.	34
FIGURA 3.1 PROBLEMA PRESENTADO EN EL SISTEMA MOTRIZ.	38
FIGURA 3.2 PROBLEMA PRESENTADO EN LA ESTRELLA MOTRIZ, DESGASTE EXCESIVO.	38
FIGURA 3.3 ALTERNATIVA I: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES VERTICALES.	39
FIGURA 3.4 PARTES PRINCIPALES ALTERNATIVA I: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES VERTICALES.	40
FIGURA 3.5 ALTERNATIVA II: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES TRANSVERSALES.	42
FIGURA 3.6 PARTES PRINCIPALES ALTERNATIVA II: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES TRANSVERSALES.	43
FIGURA 3.7 PARTES PRINCIPALES ALTERNATIVA III: SISTEMA MOTRIZ CON ENGRANAJES Y PALETAS AGITADORAS DE GRANO.	45
FIGURA 3.8 PROTOTIPO FINAL DEL SECADOR DE GRANOS.	49
FIGURA 3.9 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS EN EL MOVIMIENTO DE GRANO.	50
FIGURA 3.10 DISTRIBUCIÓN DE FUERZAS EJERCIDAS EN LA PALETA.	52
FIGURA 3.11 SIMULACIÓN DE ESFUERZOS EN LA PALETA.	54
FIGURA 3.12. DIMENSIONAMIENTO DEL EJE DE SALIDA DEL MOTORREDUCTOR.	56
FIGURA 3.13. ESQUEMA DEL RODAMIENTO RADIAL.	61
FIGURA 3.14 ESQUEMA DEL RODAMIENTO AXIAL.	61
FIGURA 3.15 ESQUEMA DE CARGAS APLICADAS SOBRE LA VIGA.	62
FIGURA 3.16 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA VIGA.	63
FIGURA 3.17 DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE.	64

FIGURA 3.18 DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR.....	64
FIGURA 3.19 DIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA SOPORTE.	65
FIGURA 3.20. PARTES PRINCIPALES ALTERNATIVA I: SISTEMA DE DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA.	68
FIGURA 3.21 PARTES PRINCIPALES ALTERNATIVA I: SISTEMA DE DESCARGA A TRAVÉS DE COMPUERTA.	69
FIGURA 3.22 PARTES PRINCIPALES ALTERNATIVA II: SISTEMA DE DESCARGA A TRAVÉS DE BAZUCA Y COMPUERTA.....	71
FIGURA 3.23 PROTOTIPO FINAL DEL SISTEMA DE DESCARGA.....	74
FIGURA 3.24 TRANSPORTADOR DE TORNILLO SUGERIDO	75
FIGURA 4.1 PARTES PRINCIPALES DE LA OBRA CIVIL DEL SECADOR.....	79
FIGURA 4.2 CUERPO DEL SECADOR.....	79
FIGURA 4.3 ESQUEMA GRÁFICO DE LA COLOCACIÓN DE PARANTES.....	84
FIGURA 4.4 ESQUEMA GRÁFICO DE LA COLOCACIÓN DE VARILLAS DE REFUERZO.....	85
FIGURA 4.5 ESQUEMA GRÁFICO DE LA FUNDICIÓN DE LA BASE DE LA PARED.....	85
FIGURA 4.6 ESQUEMA GRÁFICO DE LA FUNDICIÓN DE LA PARED DEL SECADOR.....	86
FIGURA 4.7 ESQUEMA GRÁFICO DE LA COLOCACIÓN DEL LADRILLO REFRACTARIO.....	87
FIGURA 4.8 ESQUEMA GRÁFICO DE LA COLOCACIÓN DE LA ESTRUCTURA SOPORTE.....	89
FIGURA 4.9 ESQUEMA GRÁFICO DE LA PLANCHA BAROLADA INSTALADA.	91
FIGURA 4.10 ESQUEMA GRÁFICO DE LA PLANCHA PERFORADA YA INSTALADA.	93
FIGURA 4.11 COLUMNAS SOPORTE DEL SISTEMA MOTRIZ.	94
FIGURA 4.12 SISTEMA DE DESCARGA.	99
FIGURA 4.13 SISTEMA DE AGITACIÓN DEL GRANO.....	103
FIGURA 4.14 ESQUEMA GRÁFICO DE LA BASE DEL RODAMIENTO.	106
FIGURA 4.15 ESQUEMA GRÁFICO DEL EJE CON PALETAS.....	108
FIGURA 4.16 REDUCTOR.	110

RESUMEN

El presente proyecto de titulación surge de la necesidad de una repotenciación del sistema de secado implementado en el Cantón Ventanas, provincia de Los Ríos; el cual presentó algunos inconvenientes durante su operación, en especial con el sistema de movimiento del grano.

El objetivo principal del proyecto es rediseñar el secador de granos, Proyecto Senescyt TT-08-00001, optimizando los procesos de construcción y costos introduciendo mejoras que permitan solucionar los inconvenientes presentados en el prototipo inicial.

El presente Proyecto de Titulación correspondiente al “Rediseño del secador de granos Proyecto Senescyt TT-08-00001”, se encuentra estructurado de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se analizan los parámetros técnicos principales del secador de granos, y las características generales del prototipo inicial implantado, así como las condiciones de ejecución del proyecto.

En el Capítulo II, aquí se realiza el estudio de campo del prototipo ubicado en la Cooperativa Tierra Fértil ubicado en la provincia de Los Ríos, cantón Ventanas; analizando la obra civil, sistema mecánico y sistema motriz. Se evalúa el estado actual del prototipo instalado.

En el Capítulo III, se realiza el rediseño del sistema motriz de movimiento de grano y sistema de descarga del secador; a partir de la evaluación y selección de la alternativa más conveniente para cada sistema, considerando los requerimientos del usuario.

Se plantea una solución adecuada dentro de cada componente para implementarla en el rediseño, obteniendo un prototipo de secador repotenciado y funcional.

En el Capítulo IV, se presenta la normativa para la construcción, montaje y operación del secador, paso a paso de cada uno de los componentes desde la obra civil hasta la implementación final del mismo.

En el Capítulo V, se realiza un estudio de costos para cuantificar apropiadamente las cantidades de obra y el costo real de la construcción, montaje y puesta en marcha del prototipo secador de granos, realizando una actualización de precios de los rubros originales que no han sido objeto del presente rediseño, indicando el presupuesto necesario para implementar los componentes rediseñados y con ello el costo final del secador.

Y, finalmente, en el Capítulo VI, se presentan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo rediseñar el secador de granos “Proyecto Senescyt TT-08-00001” que está en funcionamiento en el cantón Ventanas, provincia de los Ríos.

Partiendo de un trabajo de campo realizado en la ciudad de Ventanas, se determinan los parámetros a rediseñar y de funcionabilidad, los mismos que permiten analizar las alternativas susceptibles de cambio para incrementar su productividad y confiabilidad, siendo el más importante el sistema de movimiento del maíz.

El rediseño de la máquina va complementado con la elaboración de los respectivos planos, los mismos que permiten una fácil construcción y un montaje sencillo. Además se elabora el manual de instalación de sus componentes.

Se presenta el rediseño con el mejoramiento de la parte estática y dinámica del prototipo conforme a las necesidades económicas y de productividad del pequeño agricultor, teniendo la ventaja de realizar el prototipo con movimiento o sin el mismo según la conveniencia del usuario.

El presente proyecto de titulación finaliza con el estudio de costos poniendo en consideración la actualización de costos según las mejoras realizadas al prototipo; así también se presentan las conclusiones y recomendaciones respectivas.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DEL SECADOR DE GRANOS

PROYECTO SENESCYT TT-08-00001

1.1. GENERALIDADES

Con el objetivo de mejorar los sistemas de secado para el sector agrícola se suscribe un convenio interinstitucional Petrocomercial - SENESCYT – EPN, donde se enfoca en dar solución al secado de granos en el Cantón Ventanas. Como fruto de esta alianza se ejecuta el Proyecto SENESCYT TT-08-00001, con lo que se consigue la construcción y montaje de un secador de lecho circular que emplea como combustible el gas licuado de petróleo (GLP).

El Secador de granos Proyecto Senescyt TT 08-00001 se encuentra en operación desde el año 2010, en este proyecto se involucran tres instituciones: la Escuela Politécnica Nacional (EPN) colabora con el diseño y construcción del secador, PETROCOMERCIAL con la instalación y abastecimiento de combustible necesario para el funcionamiento del quemador del secador y la SENESCYT aporta con el financiamiento del 90% del proyecto.

Este secador tecnifica la producción de maíz, facilita el trabajo, optimiza el tiempo de secado, disminuye el costo de operación y no afecta el precio final del producto; lo que constituye un impulso a la pequeña y mediana industria agrícola del Ecuador.

El tipo de gramínea que se utiliza como materia prima en el secador Proyecto Senescyt TT 08-00001 corresponde al maíz amarillo duro, mismo que se produce principalmente en la región Costa, razón por la cual se elige este tipo de grano para el diseño original de la máquina.

1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El secador de granos Proyecto SENESCYT TT 08-00001 se encuentra ubicado en la Provincia de Los Ríos dentro de la Federación Provincial de Organizaciones Comunitarias “Tierra Fértil”, ubicado en el cantón Ventanas, parroquia Zapotal, Recinto La Laguna, Km 1½ vía a Guayaquil.

La ubicación geográfica del proyecto se muestra en la Figura 1.1.



Figura 1.1 Ubicación geográfica de la Federación “Tierra Fértil”.¹

FUENTE: Google Maps.

1.1.2. ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

La población directa que se beneficia con la implementación del secador es de aproximadamente 75.000 habitantes², ya que la producción nacional de maíz está concentrada en cerca del 30% en la provincia de Los Ríos y focalizada en el Cantón Ventanas en una considerable proporción; su alcance es mucho más amplio debido a que el maíz es un alimento de primera necesidad y base de la alimentación en el país, como dato estadístico una persona en el Ecuador consume aproximadamente 80 kg de maíz por año.

¹ Google Maps

² Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC

1.1.3. PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE MAÍZ AMARILLO DURO

La mayor producción de maíz amarillo duro en el Ecuador se obtiene de las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí y Loja, en ese orden, siendo Los Ríos la provincia con mayor producción de maíz por hectárea en el país.

Asimismo, dentro de la provincia de Los Ríos, hay cantones como: Palenque, Ventanas, Mocache y Vinges; donde está concentrada una mayor producción maíz. La división cantonal de la provincia de Los Ríos se muestra en la Figura 1.2.



Figura 1.2 División cantonal de Los Ríos.

FUENTE: Propia

En el Ecuador se siembra maíz en dos ciclos muy marcados, el ciclo de invierno que corresponde a los meses entre abril y julio mientras que el ciclo de verano es entre los meses de septiembre y octubre.

En la Tabla 1.1 se indica las toneladas métricas de la producción de maíz según su ciclo de siembra.

Tabla 1.1 Producción nacional de maíz amarillo duro.³

Producción nacional	toneladas métricas
Ciclo de invierno	608.817
Ciclo de verano	31.183
Total	640.000

FUENTE: MAGAP 2008.

Los cantones que forman la provincia de Los Ríos registran altas superficies cultivadas de maíz, que aporta a la producción nacional como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Aportación maicera de la provincia de Los Ríos.⁴

Cantón	Producción estimada (Ton)
Baba	4.927
Pueblo Viejo	16.521
Quevedo	23.269
Ventanas	85.533
Vinces	21.898
Palenque	57.153
Mocache	32.659
Buena Fe	15.127
Valencia	17.962
Urdaneta	3.266
Total	278.315

FUENTE: MAGAP 2008.

1.2. PARÁMETROS TÉCNICOS DEL SECADOR

1.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES DEL MAÍZ

La materia prima para la cual está diseñada la máquina es el maíz amarillo duro, cuyas características se presentan en la Tabla 1.3.

³ MAGAP.

⁴ MAGAP.

Tabla 1.3 Parámetros del maíz utilizados en el diseño.

Maíz	
Ángulo de rozamiento contra la pared:	$\Phi' = 18^\circ$
Ángulo de rozamiento interno del maíz:	$\Phi = 27^\circ$
Densidad del maíz:	$\rho_m = 750 \text{ kg/m}^3$
Diámetro equivalente efectivo final del maíz:	$D_{mf} = 0,007 \text{ m}$
Diámetro equivalente efectivo inicial del maíz:	$D_{mi} = 0,012 \text{ m}$
Humedad crítica del maíz:	$\phi_c = 18,2 \%$
Humedad de equilibrio del maíz a condiciones iniciales del ambiente:	$\phi_e = 14,5 \%$
Humedad final del maíz:	$\phi_f = 13\%$
Humedad inicial del maíz:	$\phi_i = 30\%$
Porcentaje de espacios vacíos:	$\varepsilon = 30\%$
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente de bulbo seco:	$T_{ahs} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Temperatura ambiente de bulbo húmedo:	$T_{abh} = 28,2 \text{ }^\circ\text{C}$
Humedad relativa del ambiente:	$\phi_a = 79 \%$

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

1.2.2. DATOS GENERALES DEL SECADOR

1.2.2.1. Parámetros principales

1.2.2.1.1. Capacidad

La capacidad óptima del secador de granos es de 6,3 toneladas métricas de maíz amarillo duro.

1.2.2.1.2. Altura del lecho de granos

Se considera la altura del lecho de granos, a la dimensión medida desde la base metálica soportante hasta el tope de la materia prima que es secada en la cámara, el valor que se considera es de 0,30 m.

1.2.2.1.3. Velocidad de giro de las paletas

El valor considerado en el diseño original es de 3 a 8 rpm.

1.2.2.1.4. Velocidad del aire de secado

Para el secado de granos se recomienda que esté entre 0,25 y 2,5 m/s.

1.2.2.1.5. Combustible

El combustible utilizado para el funcionamiento del quemador es gas licuado de petróleo (GLP).

1.2.2.1.6. Temperatura de secado

El secador de granos trabaja con una temperatura del aire de secado de 50°C, misma que permite que el maíz mantenga su calidad para el consumo.

1.2.2.2. Cámara de secado

El secado del grano se realiza en una cámara construida de planchas de acero, que forman una superficie circular.

Teniendo en cuenta que la presión horizontal o lateral es la que soporta la pared de la cámara de secado, el espesor de la plancha de acero para la construcción de la cámara es de 0,003 m.

La cámara de secado cuenta con perfiles de acero como refuerzos para que no exista pandeo de las planchas con las que fue construida, dichos perfiles son estructurales tipo G.

El secador de granos cuenta con una plancha perforada en el piso de la cámara, cuya área perforada corresponde a un 23% del área total y un espesor de 0,003 m con agujeros del mismo diámetro.

1.2.2.3. Sistema de paletas agitadoras

El secador de lecho fijo tipo circular cuenta con un sistema de movimiento mediante paletas agitadoras. Este sistema permite el movimiento del grano, además de ayudar a la homogenización en el secado permitiendo aumentar la capacidad de transferencia de calor entre el aire caliente y la superficie del grano lo que hace que el secado sea eficiente.

1.2.2.4. Quemador y ventilador

El ventilador que se utiliza en el secador entrega un caudal de 47.218,00 m³/h, vence una caída de presión de 0,089 m y trabaja con un motor de potencia de 20 HP.

El secador de granos cuenta con un quemador industrial para gas GLP cuya capacidad es de 500.000,00 Btu/h.

1.2.2.5. Tiempo y costo de la energía de secado

Para un proceso de secado de granos de 6,3 toneladas de maíz, es decir a plena capacidad del prototipo del Proyecto, el tiempo de secado estimado corresponde a 3 horas y 44 minutos.

El costo de energía del secado teniendo en cuenta el tiempo de secado, el consumo de energía eléctrica que corresponde al motor del ventilador y el consumo del combustible, se tiene un costo de energía para el secado 2,41 dólares por tonelada de grano seco.

1.3. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

1.3.1. INVERSIÓN TOTAL

En base a los registros financieros de la Ex-Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), hoy Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT); esta entidad realiza una inversión en el Proyecto “Mejoramiento del Sistema de Secado para el Sector Agrícola” cuyo código es TT-08-EPN-00001 con el siguiente detalle:

- ❖ La inversión programada para el desarrollo de este proyecto:
 - Escuela Politécnica Nacional: USD 12.150,00
 - SENACYT: USD 104.424,50
 - TOTAL INVERSIÓN PROGRAMADA: **USD 116.574,50**

- ❖ Durante la ejecución del Proyecto se han realizado los siguientes gastos por parte de las entidades antes mencionadas:
 - Escuela Politécnica Nacional: USD 6.460,82
 - SENACYT: USD 78.130,85
 - TOTAL INVERSIÓN EJECUTADA: **USD 84.591,67**

1.3.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN

En base a los registros de la Ex-Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), hoy Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT); el Proyecto “Mejoramiento del Sistema de Secado para el Sector Agrícola” cuyo código es TT-08-EPN-00001 se construye en **74 días**, del 15 de Noviembre de 2010 al 28 de Enero de 2011; cuya implementación se lleva a cabo en la Asociación Tierra Fértil del Cantón Ventanas, Provincia de Los Ríos.

1.3.3. CONDICIONES AMBIENTALES

Las condiciones ambientales del Cantón Ventanas, Provincia de Los Ríos son consideradas como parte del diseño térmico e higroscópico para la implementación del secador, en este contexto se tienen los siguientes datos:

- Temperatura ambiental máxima estimada: 24 - 32,7 °C
- Humedad relativa máxima estimada: 70 – 100%
- Altura: 25 msnm
- Velocidad máxima de viento: 19km/h

1.3.4. ASEQUIBILIDAD DE MATERIALES

Los materiales requeridos en la obra civil son de fácil asequibilidad, ya que se los encuentra en los centros de distribución en Ventanas o en ciudades cercanas a este poblado.

En lo que a elementos metálicos se refiere, en ciudades como Quito y Guayaquil, se encuentra toda la materia prima necesaria en perfiles, ángulos, láminas perforadas, planchas, etc.

Los equipos mecánicos tales como: quemador, ventilador, motorreductor, etc., se los adquiere en empresas comercializadoras de Quito y Guayaquil.

Para la ejecución del proyecto son necesarios los siguientes materiales, como se detalla en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4 Materiales utilizados en el prototipo.

MATERIAL
Plancha perforada
Planchas de acero A-36
Perfil estructural tipo G, láminas de acero, tubo estructural cuadrado.
Ventilador
Quemador
Motorreductor
Eje de transmisión

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

Todos los materiales utilizados para la construcción del prototipo son de fabricación nacional, según las normas vigentes y manteniendo todas las seguridades según el caso.

1.3.5. TRANSPORTE

El Cantón Ventanas se encuentra en la vía a la Costa, la cual es una carretera de primer orden por lo que el acceso del transporte tanto para trasladar el material, personal de construcción y técnico es posible.

1.4. COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO

1.4.1. PRODUCCIÓN DE MAIZ

- La producción de maíz duro seco anual en el Ecuador es de aproximadamente 767.461,54 toneladas según los datos del INEC.
- En la Provincia de Los Ríos se produce un 33% de la producción nacional de maíz duro seco, lo que equivale a 253.262,30 toneladas al año.
- Específicamente en el Cantón Ventanas se producen al año 63.315,57 toneladas de maíz duro seco.
- El costo de producción estimado por el INEC bajo condiciones óptimas de cultivo es de 0.23USD/kg maíz seco duro.
- Acorde al estudio planteado en el Proyecto “Mejoramiento del Sistema de Secado para el Sector Agrícola” el costo por consumo energético en el secado de maíz duro es 2.41USD/ton.
- El precio de venta del kg de maíz duro seco en fincas oscila entre 0,20 y 0,27 USD/kg, acorde a los datos del INEC.
- El consumo per cápita de maíz duro seco en promedio anual es de 82,86kg según el último censo poblacional llevado a cabo en 2010.

1.4.2. EFECTIVIDAD DEL SECADO

- El secado natural por radiación del sol, que es el método utilizado tradicionalmente por los agricultores, toma aproximadamente 1 día soleado para secar 9 toneladas de maíz duro en un área de 1000m².

- En el prototipo circular toma 3 horas y 44 minutos para secar 6.3 toneladas de maíz duro.
- El precio del maíz duro seco en el prototipo del Proyecto, tomando en consideración los datos anteriormente mencionados es de aproximadamente 0,23241USD/kg.
- La productividad del secado de los agricultores que siembran maíz se incrementa aproximadamente en un 50%.

1.4.3. APORTE A LA TECNIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

El proyecto implementado por la SENACYT es un gran apoyo para la industrialización del proceso agrícola de secado de granos. El secador es un elemento de trabajo que permite a los pequeños, medianos y grandes productores de maíz reducir su tiempo de producción, mejorar la calidad y la eficiencia de su proceso de secado y almacenamiento del grano.

1.5. VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO

1.5.1. ACCESIBILIDAD A REPUESTOS

Todos los materiales y equipos utilizados para la implementación del secador de granos se encuentran disponibles en el mercado nacional, en ciudades como Quito y Guayaquil, se puede adquirir repuestos para los motores o elementos mecánicos que son susceptibles a daño por su trabajo al que está sometido durante los períodos de cosecha.

Respecto a los elementos estructurales, es sencillo encontrar en las ferreterías y comercios de construcción los diversos tipos de perfiles y varillas utilizadas, así como también las planchas de acero.

1.5.2. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo de equipos, motores y sistemas mecánicos se debe realizar al equipo de acuerdo con el entrenamiento brindado por los técnicos de la

Escuela Politécnica Nacional, ya que se pueden presentar fallas que disminuyan su rendimiento o que ocasionen una parada de funcionamiento del secador.

1.5.3. TIEMPO DE TRABAJO

El tiempo de trabajo promedio del secador de granos es de 3000 horas al año, para un equipo como el que está implementado en el Cantón Ventanas con esta carga de funcionamiento puede tener una vida útil de hasta 15 años si se tiene el adecuado mantenimiento.

1.6. IMPACTO AMBIENTAL

1.6.1. COMBUSTIBLES

1.6.1.1. Características y propiedades del GLP

El gas licuado de petróleo o también conocido por sus siglas como GLP, es un hidrocarburo, derivado del petróleo que se obtiene durante el proceso de refinación del petróleo. El GLP se refiere a la mezcla de hidrocarburos en la que los componentes básicos son el propano, butano, isobutano, propileno y butenos; pero más comúnmente este término se aplica a las mezclas de propano y butano.

1.6.2. GASES NOCIVOS

1.6.2.1. Riesgos del GLP

Las características físico-químicas propias del GLP lo convierten en un producto de riesgo. Al igual que cualquier fuente de energía, debe haber un manejo responsable para evitar situaciones de riesgo.

1.6.2.2. Gases de combustión

Cuando se permite la acumulación de monóxido de carbono (CO) y los gases de la combustión no son disipados adecuadamente a la atmósfera, surge un potencial peligro debido a la toxicidad e inflamabilidad de estos gases. Por eso son importantes los métodos de ventilación para la dispersión del CO.

1.6.2.3. Escapes

El escape de los gases de combustión del GLP se lo considera mucho más peligroso al convertirse en fase gaseosa, su volumen incrementa por un factor superior a 200, lo que lo hace más denso que el aire. El vapor tiende a ubicarse cerca del suelo con el riesgo de encontrar una fuente de ignición dentro de sus límites de inflamabilidad.

1.6.3. MITIGACIÓN DE RIESGOS

La seguridad en el manejo y mitigación de los gases de combustión del GLP asumen las personas, tanto el distribuidor como el consumidor, por ello se toman todas las precauciones para utilizar los quemadores de gas en un ambiente ventilado, con los equipos de extinción y alarma respectivos en caso de emergencia.

La comercialización del gas está a cargo de Austro Gas que posee instalaciones en el Cantón Ventanas.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE CAMPO

2.1. REVISIÓN DEL PROTOTIPO INICIAL.

El prototipo inicial del secador de granos se instala en los predios de la Cooperativa Tierra Fértil ubicado en la provincia de Los Ríos, cantón Ventanas; por lo que se procede a verificar los parámetros de diseño original, planos, memorias de cálculo, informes de avance de obra y fotografías existentes; con lo cual se obtiene la siguiente información que sirve como base para determinar los parámetros de diseño que deben ser modificados y los procedimientos de construcción que se perfeccionan.

2.1.1. OBRA CIVIL

2.1.1.1. Replanteo y nivelación: La superficie donde está instalado el secador de granos fue previamente compactada, también se realizaron trabajos con material de mejoramiento para que quede estabilizada y se procede a verificar su nivelación con equipo topográfico. Estos trabajos se indican en la Figura 2.1.



Figura 2.1 Replanteo y nivelación realizada en la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.1.2. Excavación para plintos y cimientos: una vez que se verifica la adecuada nivelación del suelo se procede a realizar la excavación para plintos y cimientos en el sitio de la obra, como se indica en la Figura 2.3, con una medida de 0,4 m de profundidad y 0,4 m de ancho, tal como el esquema gráfico de la Figura 2.2.

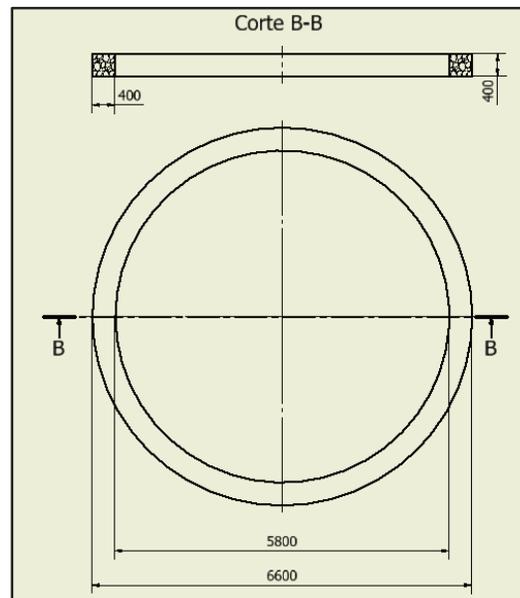


Figura 2.2 Esquema de excavaciones.

FUENTE: Propia



Figura 2.3 Excavación de plintos y cimientos realizada en la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 "Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola".

2.1.1.3. Estructura de refuerzo para el muro circular: para reforzar el muro circular de hormigón y para la instalación de las planchas que forman el cuerpo del secador, se emplean correas tipo G de 0,1x 0,05 x 0,015 x 0,003 m, las cuales están dispuestas uniformemente a lo largo de la circunferencia excavada con un total de 19 parantes. A los parantes están sujetos varillas de 0,012 m montadas paralelamente para reforzar la estructura, adicionalmente en la base de cada parante se instala una varilla de anclaje de 0,5 m y una placa de acero de 0,15 x 0,15 m en la parte superior de cada uno. Estructura mostrada en la Figura 2.4.



Figura 2.4 Estructura de refuerzo realizada en la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.1.4. Fundición de plintos y cimientos: Se utiliza hormigón ciclópeo cuya relación es de 1:4:6, construcción en sitio tal como se muestra en la Figura 2.5.



Figura 2.5 Fundición de plintos y cimientos realizada en la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.1.5. Encofrados: una vez que la base esté compacta se procede a armar los encofrados para el muro tomando en consideración la dimensión de 0,2 m de espesor y 0,6 m de altura. Además se procede a soldar varillas transversales de 0,2 m a los parantes estructurales para mantener la uniformidad del muro. Como se indica en la Figura 2.6.



Figura 2.6 Encofrado para el muro realizado en la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.1.6. Fundición del muro: Las dimensiones del muro circular con de 0,6 m de altura con espesor de 0,2 m, con un diámetro de circunferencia de 6 metros. El hormigón fragua a las 48 horas después de ser colocado. Tal como se muestra en la Figura 2.7.



Figura 2.7 Fundición de muro realizada en la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.1.7. Malla electrosoldada: la malla electrosoldada es de 0,01 m de diámetro y con dimensiones de 0,15 x 0,15 m, se coloca a una altura de 0,08 m sobre el nivel del suelo para reforzar la estructura de la base del secador. Como se muestra en la Figura 2.8.



Figura 2.8 Malla electrosoldada colocada en el piso durante la construcción del Proyecto
FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.1.8. Fundido de base: Una vez colocada la malla electrosoldada acorde a las medidas indicadas anteriormente, se procede a fundir la base del secador con una capa de hormigón de 0,1 m con resistencia de 210 kg/cm², cuya relación de mezcla es 1:2:2.



Figura 2.9 Fundición del piso del secador durante la construcción del Proyecto
FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.2. PISO DEL SECADOR

2.1.2.1. Estructura piso falso: se emplean correas dobles tipo G de 0,08 x 0,04 x 0,015 x 0,002 m, soldadas y un armado tipo cuadrícula de 0,6 x 0,6 m a una altura de 0,6 m del piso de hormigón. Con soportes dispuestos adecuadamente, como se indica en la Figura 2.10, los cuales soportan la estructura.



Figura 2.10 Estructura del piso del secador colocado durante la construcción del Proyecto
FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.2.2. Pared de ladrillo (refractario): se instala una pared interna de ladrillo adosada al muro de hormigón, tal como se muestra en el Figura 2.11, con el fin de mantener la temperatura dentro de la cámara de secado. Los ladrillos son los utilizados en la construcción de viviendas, con un espesor de 0,05 m.



Figura 2.11 Ladrillo refractario colocado en la pared interna del secador, durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.2.3. Plancha perforada: se instalan láminas perforadas de acero A-36, cuyas medidas en el mercado son de 1,2 x 2,4 m, orificios de 0,003 m de diámetro y 0,003 m de espesor. Éstas láminas, que se indican en la Figura 2.12, son cortadas de tal manera que toman la forma circular del secador y que no interfieran con el resto de elementos estructurales que se encuentran en la base.

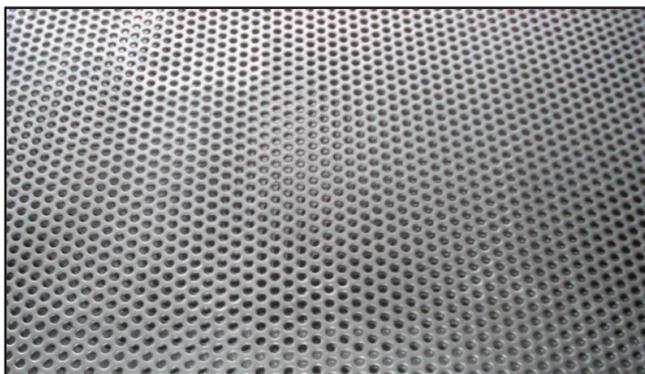


Figura 2.12 Plancha perforada colocada en el piso del secador durante la construcción

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.3. ESTRUCTURA METÁLICA LATERAL CIRCULAR

2.1.3.1. Soportes verticales: se emplean correas tipo G de 0,1 x 0,05 x 0,015 x 0,003 m, las cuales están dispuestas uniformemente a lo largo de la circunferencia del muro dando un total de 19 parantes, los mismos que se sueldan sobre la placa superior de los perfiles estructurales del muro fundido. Como se muestra en la Figura 2.13.



Figura 2.13 Soportes verticales colocados en el muro durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.3.2. Plancha barolada: se instala una sección de plancha barolada de ángulo 18° , con un espesor de 0,003 m, adosada a los soportes verticales, con un diámetro aproximado de 6,15 m y una altura de 1,2 m. Como se presenta en la figura 2.14.



Figura 2.14 Plancha barolada de la pared del secador instalada durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.4. ANILLO MOTRIZ

2.1.4.1. Soportes: se colocan estructuras soportes a la altura de cada correa tipo G de la estructura metálica lateral circular, como se indica en la Figura 2.15, de tal manera que resistan el peso del anillo motriz. Dentro de cada soporte se instala una rueda que permita la rotación de toda la estructura y de los componentes del eje portapaletas.



Figura 2.15 Soportes para la estructura motriz instalado durante la construcción del Proyecto
FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.4.2. Perfiles barolados y varillas soporte: se instalan perfiles tipo L de 0,075 x 0,075 x 0,006 m, doblados con un ángulo de 18°, con diámetro exterior de 6 m, montados en dos niveles, soportados por 80 varillas de 0,019 m de diámetro y 0,4 m de largo soldadas de manera equidistante. Con ello se conforma una estructura tipo anillo, como se muestra en la Figura 2.16, con las varillas que permiten el accionamiento del motriz.



Figura 2.16 Estructura motriz instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.5. ESTRUCTURA SOPORTE DEL EJE CENTRAL

2.1.5.1. Perfiles soporte principal: se colocan tubos cuadrados 0,1 x 0,1 x 0,006 m, dispuestos formando un cuadrado base de 0,748 x 0,748 m, reforzados lateralmente con perfiles soldados tipo L de 0,08 x 0,08 x 0,008 m de 0,748 mm de largo. La altura de la estructura es de 0,968 m. La estructura está sujeta por medio de pernos anclados al piso del secador, como se muestra en la Figura 2.17.



Figura 2.17 Estructura soporte del eje central instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.5.2. Perfiles soporte chumaceras: se coloca perfiles tipo L de 0,08 x 0,08 x 0,008 m como soporte para las chumaceras, en el nivel inferior y superior de la estructura. Los perfiles se sujetan mediante soldadura, como se presenta en la Figura 2.18.



Figura 2.18 Perfiles soporte de chumacera instalado durante la construcción del Proyecto
FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.5.3. Chumaceras: se instalan dos rodamientos, uno en la parte superior y otro en la inferior de la estructura que aloja el eje central. La denominación de la chumacera es F213, cuyo soporte es bridado con 4 agujeros y montado con pernos de sujeción. Las chumaceras instaladas se muestran en la Figura 2.19.

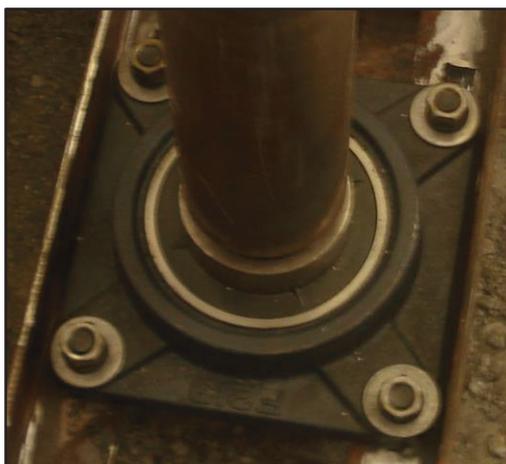


Figura 2.19 Chumacera instalada durante la construcción del Proyecto
FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.6. SISTEMA PORTAPALETAS

2.1.6.1. Eje central: se instala un eje de acero A-36 que sirve como punto de apoyo para la rotación del sistema, el eje tiene una geometría determinada tal que permite ensamblarlo en las chumaceras y al acople con el eje portapaletas. Este sistema se muestran en la Figura 2.20.



Figura 2.20 Eje central instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.6.2. Acople al eje central: se instala una sección de tubo de 0,1 m de longitud y 0,05 m de diámetro, soldado a una placa de 0,2 x 0,1 x 0,127 m, reforzada con pletinas triangulares que sirve como soporte. El lado del tubo se monta en el eje central que tiene 0,05 m de diámetro en ese punto, en el lado de la placa se suelda y soporta el eje portapaletas. El acople descrito se muestra en la Figura 2.21.



Figura 2.21 Acople eje central instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.6.3. Eje portapaletas: es un eje de sección circular que permite el montaje de las paletas y posterior movimiento del grano para su secado, tiene un diámetro de 0,08 m y una longitud de 6 metros. Está montado en sus extremos en un soporte fijado a la estructura motriz y en su parte central con un acople que está insertado al eje central. Este eje se presenta en la Figura 2.22.



Figura 2.22 Eje portapaletas instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.6.4. Paletas: se instalan ocho paletas distribuidas uniformemente a lo largo del eje portapaletas, las paletas constan de una estructura conformada por un tubo cuadrado soldado al eje y una plancha de acero de 0,2 x 0,2 m que está reforzada con pletinas para mejorar su rigidez. Como se muestra en la Figura 2.23.



Figura 2.23 Paletas instaladas durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.6.5. Eje transversal cuadrado: para reforzar el sistema portapaletas se coloca un tubo cuadrado transversal que se acopla al eje portapaletas formando una cruz, como se muestra en la Figura 2.24, este se encuentra soportado en la parte central y en sus extremos con las placas de refuerzo soldadas.



Figura 2.24 Eje transversal cuadrado instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.6.6. Soporte en la estructura motriz: se suelda una placa de refuerzo en cada extremo del eje portapaletas para garantizar la sujeción del mismo al anillo motriz, del mismo modo en el eje transversal cuadrado, en un total de cuatro placas que refuerzan la estructura motriz. Este soporte se muestra en la Figura 2.25.



Figura 2.25 Soporte en la estructura motriz instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.7. SISTEMA MOTRIZ

2.1.7.1. Columna soporte: en la Figura 2.26 se muestra la construcción de una columna en la parte exterior del perímetro del secador que soporta el sistema motriz con su respectiva transmisión hacia el eje, que transmite el movimiento al anillo motriz a través del piñón.



Figura 2.26 Columna soporte cimentada durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.7.2. Motor-reductor: se instala el motor sobre la columna soporte, tal como se indica en la Figura 2.27, este motor tiene una conexión trifásica de 20 HP y una velocidad de giro de 1760 rpm. Se acopla un reductor lineal con una relación de reducción 44.5:1 (baja de 1760 rpm hasta 40 rpm aproximadamente), transmite un torque de 3400 Nm al eje de transmisión para mover los ejes que contiene las paletas.



Figura 2.27 Motor – reductor montado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.7.3. Eje motriz: es un eje de acero A-36 acoplado al motor-reductor para transmitir el torque necesario y dar giro al sistema portapaletas. El eje se encuentra montado sobre una estructura que consta de chumaceras ancladas a una viga transversal, como se muestra en la Figura 2.28, en el extremo inferior se encuentra un piñón que es el que actúa como motriz del sistema mediante el empuje transmitido por sus dientes.



Figura 2.28 Eje motriz acoplado al motorreductor durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.1.7.4. Eje transversal cuadrado: para reforzar el sistema portapaletas se coloca un tubo cuadrado transversal acoplado al eje portapaletas formando una cruz, como se indica en la Figura 2.29, este se encuentra soportado en la parte central y en sus extremos con las placas de refuerzo soldadas.



Figura 2.29 Eje transversal cuadrado instalado durante la construcción del Proyecto

FUENTE: PROYECTO SENESCYT-EPN TT-08-00001 “Mejoramiento del Sistema de Secado para el sector agrícola”.

2.2. CONDICIONES ACTUALES DEL SECADOR

El prototipo del secador de granos se encuentra instalado en los predios de la Cooperativa Tierra Fértil, mostrado en la Figura 2.31, ubicado en la provincia de Los Ríos, cantón Ventanas, cuya entrada se indica en la Figura 2.30; por lo que se ha procedido a verificar en sitio el equipo, donde se pudo evidenciar las condiciones actuales del equipo.



Figura 2.30 Entrada a la Ciudad de Ventanas

FUENTE: Propia



Figura 2.31 Predios en los que se encuentra instalado el equipo.

FUENTE: Propia

2.1.1. INSPECCIÓN VISUAL

A continuación se analiza el estado del prototipo instalado abordando sus componentes principales:

2.1.1.1. Estructura civil y metalmecánica: en la Figura 2.32, es evidente que la estructura civil se encuentra en buen estado, a pesar de las inclementes condiciones climáticas de la zona.



Figura 2.32 Prototipo del secador de granos en la actualidad.

FUENTE: Propia

Como se muestra en la Figura 2.32, se ha desmontado el sistema de movimiento del grano, quedando funcional la estructura civil y metalmecánica, misma que está siendo utilizada para el secado con movimiento de grano manual.

2.1.1.2. Sistema motriz: el sistema motriz está desmantelado en su totalidad. No existen los ejes portapaletas, eje central, anillo motriz, ni su sistema de accionamiento.

2.1.1.3. Quemador: el quemador instalado se muestra en la Figura 2.33, el cual se encuentra operando de manera normal, con todos sus componentes como el ventilador, boquillas, chispero, y carcasa, están en buen estado.



Figura 2.33 Quemador y sus componentes.

FUENTE: Propia



Figura 2.34 Motor del ventilador para el quemador.

FUENTE: Propia

2.1.1.4. Sistema de gas centralizado: el sistema de gas centralizado se encuentra operativo, sin embargo se evidencia que no cuenta con un mantenimiento y limpieza adecuadas además que no se observan normas de seguridad por parte de los usuarios, como se evidencia en las Figuras 2.35 y 2.36.



Figura 2.35 Tubería instalada del gas centralizado.

FUENTE: Propia



Figura 2.36 Tanque de almacenamiento de gas.

FUENTE: Propia

2.1.1.5. Conexiones eléctricas: el sistema eléctrico se encuentra funcionando adecuadamente. Las condiciones de uso actual sólo se utiliza las conexiones para energizar al sistema del quemador-ventilador.

La acometida eléctrica, se muestra en la Figura 2.37 y los tableros eléctricos instalados, se muestran en la Figura 2.38.



Figura 2.37 Barras de la acometida eléctrica.

FUENTE: Propia



Figura 2.38 Equipamiento eléctrico en los tableros.

FUENTE: Propia

2.2. CRITERIO DEL OPERADOR-PROPIETARIO.

En conversaciones mantenidas con el Presidente de la Asociación Tierra Fértil y Co-Propietario del equipo instalado se recogen las siguientes puntualizaciones:

2.2.1. CONDICIONES DE TRABAJO.

Actualmente el secador de granos se utiliza de manera manual, se coloca el maíz húmedo sobre las planchas perforadas, se acciona el quemador, y se lo bate manualmente mediante paletas de madera, las cuales se evidencian en la figura 2.39.



Figura 2.39 Paletas utilizadas para remover el grano de maíz.

FUENTE: Propia

2.2.2. RENDIMIENTO Y DATOS DE PRODUCCIÓN.

- El prototipo trabaja con una capacidad entre 400 y 700 quintales dependiendo del grado de humedad del maíz, mientras mayor es el grado de humedad menor será la capacidad de secado.

- El tiempo de secado varía entre 5 y 8 horas, dependiendo de la humedad del maíz. Por ejemplo, se pueden secar 700 quintales con un grado de humedad del maíz de 16%, en 4,5 horas.
- Con una bombona de gas de 4m³, se pueden secar aproximadamente 3000 quintales de maíz.
- El costo de una bombona de gas de 4 m³ es de 600 USD, por lo que el costo del combustible por kilogramo de maíz seco es de 0,0044 USD.

2.2.3. PROBLEMAS PRESENTADOS DURANTE LA OPERACIÓN.

- Uno de los errores cometidos durante la etapa de prueba del prototipo es utilizar grano seco o semiseco para operar el sistema motriz, ya que esto ocasiona que funcione “eficientemente” sólo durante ese período y cuando se lo utiliza a condiciones de trabajo normales no cumple el objetivo para el que es diseñado.
- No se cumple adecuadamente con el procedimiento, sobre todo con mantener el nivel que se recomienda por parte de la Escuela Politécnica Nacional, lo que ocasiona que el equipo no funcione a la capacidad nominal.
- Cuando se somete a condiciones de trabajo con grano de maíz muy húmedo y una altura de lecho de grano mayor a 0,6 m; las paletas agitadoras no pueden vencer la fuerza ejercida por la masa.
- El sistema de descarga al no utilizar el sistema de movimiento no funciona adecuadamente, por lo que se utiliza un transportador de tornillo sinfín para carga y descarga del maíz en el secador.
- El sistema motriz con el anillo exterior no es el adecuado, ya que el piñón se desgasta al contacto con el anillo motriz.
- El usuario procede a desmantelar los sistemas de paletas y motriz con el objeto de utilizar el equipo manualmente.

2.3. RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

Por lo expuesto anteriormente se concluye que el prototipo inicial no cumple su objetivo de mecanizar el movimiento de grano durante el secado del maíz. La estructura del secador y el quemador funcionan adecuadamente, sin embargo el sistema motriz presenta problemas de operación que amerita que se estudien algunas alternativas.

Ante la realidad actual del secador de granos, se evidencia la necesidad de un rediseño en algunos de sus componentes, por lo que en el siguiente capítulo se procede a abordar el mismo y dar solución teórica a los inconvenientes encontrados en el prototipo inicial.

CAPÍTULO III

REDISEÑO DE COMPONENTES DEL SECADOR DE GRANOS

Al ser un prototipo se ve necesidad de realizar cambios en algunos de los componentes del secador de granos, principalmente es necesario utilizar un sistema motriz que permita al usuario trabajar con una capacidad de secado acorde a su producción.

En este capítulo se procede a puntualizar los sistemas que deben ser sujetos de cambio:

- Sistema motriz y agitador de grano.
- Descarga de grano.

3.1. SISTEMA MOTRIZ Y AGITADOR DE GRANO

3.1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Luego del estudio de campo, en donde se constata que el sistema agitador de granos está desmantelado debido a que no cumple con los objetivos planteados en su prototipo inicial, de mover la masa de grano húmedo.

En base a lo observado en los diseños originales del prototipo, se evidencia la dificultad de utilizar un mecanismo motriz por medio de una pieza “tipo estrella” que impulsa al anillo motriz mediante deslizamiento intermitente producto del choque entre las caras de la estrella con las varillas verticales que forman el anillo motriz. Este movimiento constante produce desgaste en el material de las piezas que conforman el sistema, por el contacto directo metal con metal, con el agravante adicional causado por el esfuerzo que produce la inercia del anillo sobre la superficie de la estrella. Se identifica el problema en las Figuras 3.1 y 3.2.



Figura 3.1 Problema presentado en el sistema motriz.

FUENTE: Propia



Figura 3.2 Problema presentado en la estrella motriz, desgaste excesivo.

FUENTE: Propia

3.1.2. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.

Los parámetros de selección se relacionan con las características que tiene que cumplir el sistema motriz para optimizar el secado de granos. Los siguientes parámetros sirven para determinar la alternativa más conveniente para su implementación:

- Costo
- Funcionabilidad
- Capacidad
- Mantenimiento y operación

- Ergonomía
- Construcción y Montaje

Las alternativas que se consideran para el diseño del sistema de movimiento son:

- Sistema de movimiento del grano con agitadores verticales.
- Sistema de movimiento del grano con agitadores transversales.
- Sistema motriz con engranajes y paletas agitadoras de grano.

Para cada sistema se realiza el estudio correspondiente y selección de la alternativa óptima de diseño.

3.1.3. ALTERNATIVA I: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES VERTICALES.

3.1.3.1. Descripción: este sistema para el movimiento del grano trabaja con uno o varios agitadores verticales tipo paleta que realizan el proceso de secado transportando el producto de manera que se distribuya el aire caliente que ingresa a la cámara y a la vez haciendo que los granos de maíz giren alrededor de él, como se muestra en la Figura 3.3.

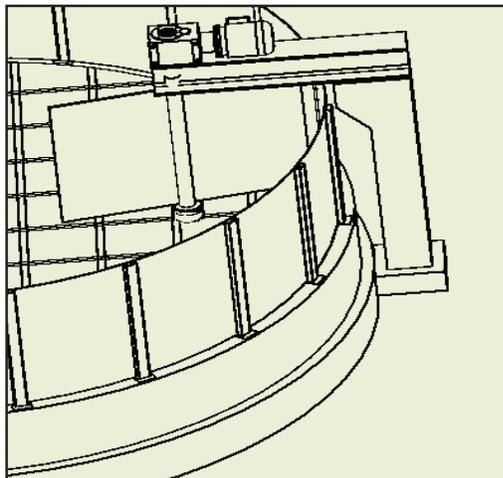


Figura 3.3 Alternativa I: Sistema de movimiento del grano con agitadores verticales.

FUENTE: Propia

3.1.3.2. Partes principales: En la figura 3.4, se muestran las partes que conforman la alternativa I.

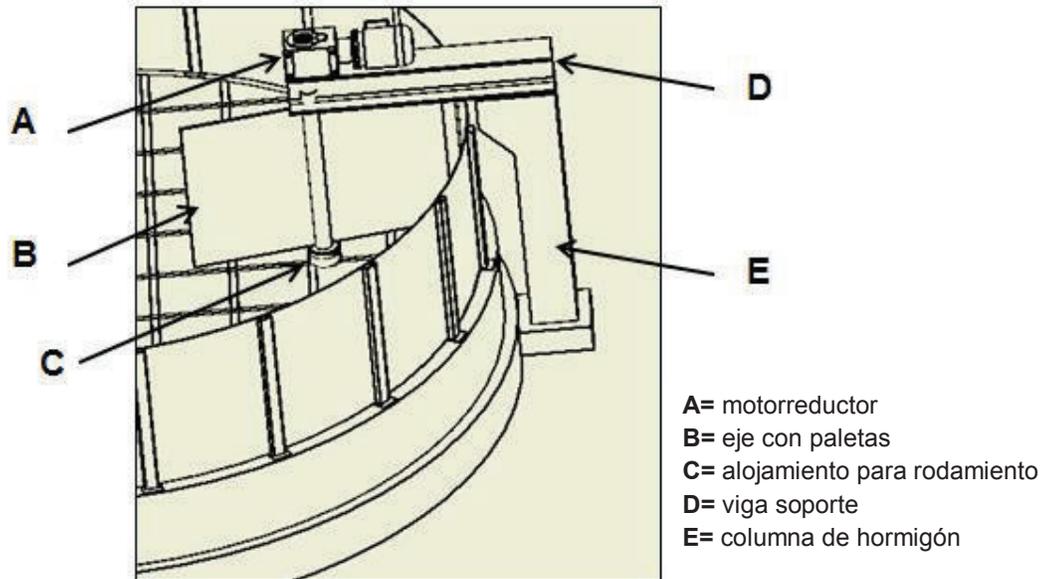


Figura 3.4 Partes Principales Alternativa I: Sistema de movimiento del grano con agitadores verticales.

FUENTE: Propia

3.1.3.3. Funcionamiento: el sistema de accionamiento es a través de un motorreductor (A), el cual hace girar el eje con paletas (B) que está soportado por un alojamiento (C) en la parte inferior y un acople en la viga soporte (D); la viga está empotrada a una columna de hormigón (E).

El funcionamiento de este sistema deber ser automático accionado desde el tablero de control.

Con la rotación de las paletas se logra mover la masa de granos para mejorar el sistema de secado y facilitar el trabajo del operador.

3.1.3.4. Costo:

En la Tabla 3.1, se muestra un resumen de los costos aproximados para la implementación de la Alternativa I.

Tabla 3.1 Costos de implementación de la Alternativa I

RUBRO	COSTO (USD)
COLUMNA SOPORTE	2050
VIGA SOPORTE	3300
MOTORREDUCTOR	6800
EJE CON PALETAS	5000
ALOJAMIENTO Y ACOPLES	1400
MANO DE OBRA	2500
VARIOS	1250
TOTAL	22.300

FUENTE: Varios

3.1.3.5. Ventajas:

- Fácil fabricación.
- Realiza un movimiento continuo.
- Moderada eficiencia al trabajar con granos de alta humedad.
- Accionamiento sencillo.
- Reducción de la manipulación y esfuerzo por parte del operario.

3.1.3.6. Desventajas:

- Sistema costoso.
- Requiere mantenimiento técnico.
- Montaje y desmontaje complicado.
- Por su tamaño necesita de equipo e infraestructura adicional para su implementación.

3.1.4. ALTERNATIVA 2: SISTEMA DE MOVIMIENTO DEL GRANO CON AGITADORES TRANSVERSALES.

La alternativa está formada por uno o varios tornillos sinfín colocados en forma distribuida dentro de la cámara de secado, para un apropiado movimiento del

grano. El tipo de paletas depende de la altura del lecho de grano y de la disposición que tengan el o los tornillos dentro de la cámara de secado, esto se define al realizar los cálculos.

3.1.4.1. Descripción: este sistema para el agitación del grano trabaja con uno o varios tornillos sinfín que realizan la mezcla transportando el producto de forma transversal y a la vez haciendo que los granos de maíz giren alrededor de él, como se muestra en la Figura 3.5.

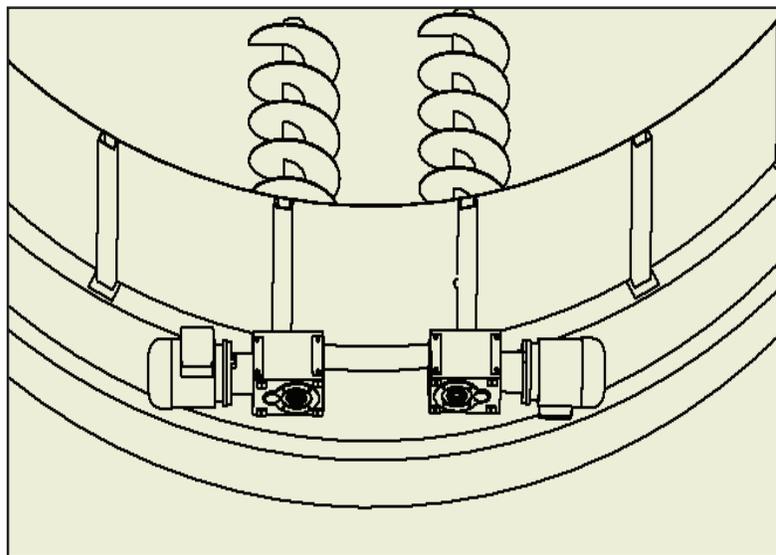


Figura 3.5 Alternativa II: Sistema de movimiento del grano con agitadores transversales.

FUENTE: Propia

3.1.4.2. Partes principales: En la Figura 3.6, se muestran las partes que constituyen la alternativa II.

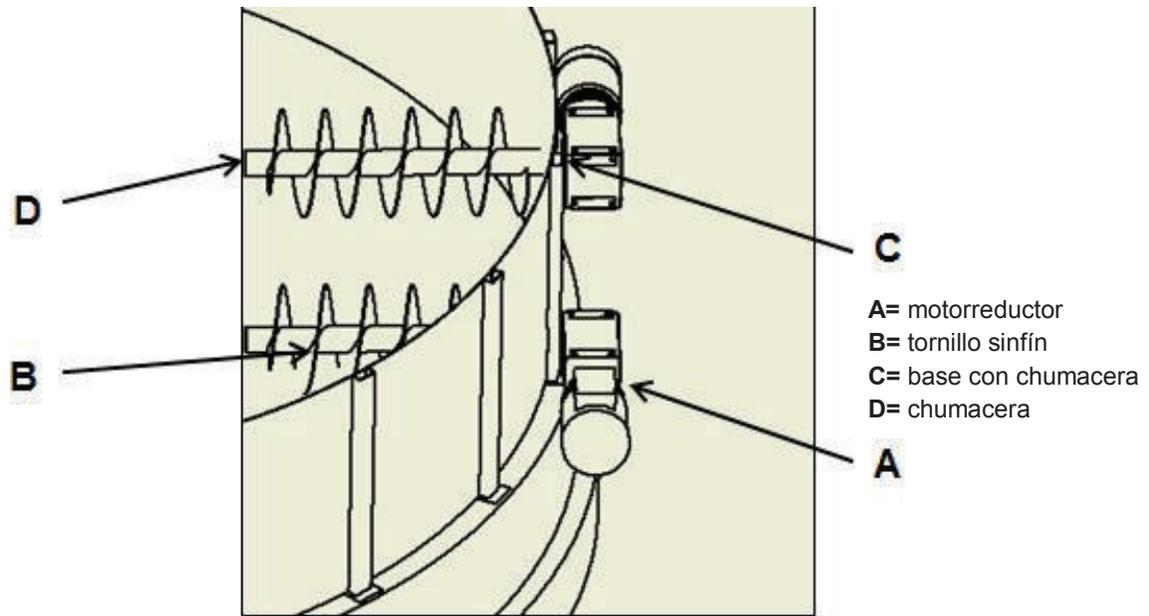


Figura 3.6 Partes Principales Alternativa II: Sistema de movimiento del grano con agitadores transversales.

FUENTE: Propia

3.1.4.3. Funcionamiento: el sistema de accionamiento es a través de un motorreductor (A), el cual hace girar al tornillo sinfín (B) que está soportado en cada uno de sus extremos por una base con chumacera (C), en la parte central se coloca un soporte con una chumacera (D).

El funcionamiento de este sistema es automático accionado mediante una botonera, que se encuentra situada en el tablero de control.

Con la rotación del tornillo sinfín se logra mover la masa de granos para mejorar el sistema de secado y facilitar el trabajo del operador.

3.1.4.4. Costo:

En la Tabla 3.2, se muestra un resumen de los costos aproximados para la implementación de la Alternativa II.

Tabla 3.2 Costos de implementación de la Alternativa II

RUBRO	COSTO (USD)
MOTORREDUCTOR	8000
TORNILLO SINFIN	10000
BASES Y CHUMACERAS	1500
MANO DE OBRA	1200
VARIOS	1000
TOTAL	19450

FUENTE: Varios

3.1.4.5. Ventajas:

- Fácil fabricación, soportes y apoyos simples.
- Realiza un movimiento continuo.
- Accionamiento sencillo.
- Reducción de la manipulación y esfuerzo por parte del operario.

3.1.4.6. Desventajas:

- Requerimiento de potencia mayor.
- Costo de construcción mayor.
- Requiere mantenimiento tecnificado.
- Montaje y desmontaje complicado.
- Arrastre de grano dificultoso.
- El tornillo sinfín está sometido a una carga distribuida constante a causa de la masa de grano, podría provocar pandeo a lo largo del eje.

3.1.5. ALTERNATIVA 3: SISTEMA MOTRIZ CON ENGRANAJES Y PALETAS AGITADORAS DE GRANO.

La alternativa mantiene el diseño original con paletas agitadoras para proporcionar el movimiento del grano, el sistema que permite el movimiento consta de engranajes instalados en la parte superior del anillo motriz, se coloca el

engranaje impulsor sobre un soporte y su movimiento es accionado por medio de un motorreductor.

3.1.5.1. Descripción: este método de movimiento de grano consta de paletas suspendidas en un eje central portapaletas, que está unido al anillo giratorio, se coloca en la parte superior del anillo una cremallera para permitir el movimiento de la estructura.

El engranaje impulsor se coloca sobre una base y es accionado por un motorreductor.

3.1.5.2. Partes principales: La Figura 3.7, muestra las partes que constituyen la alternativa III.

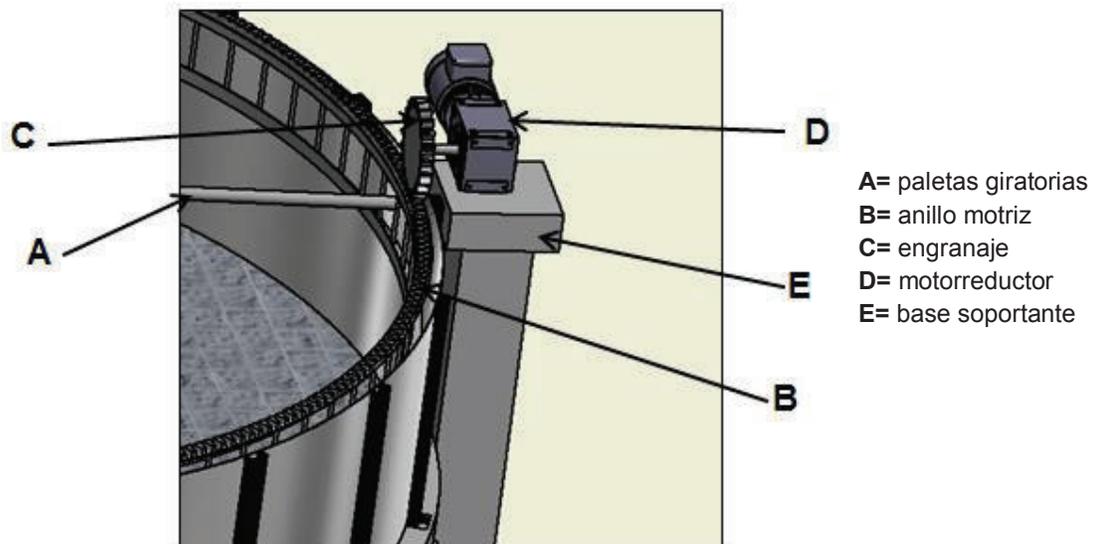


Figura 3.7 Partes Principales Alternativa III: Sistema motriz con engranajes y paletas agitadoras de grano.

FUENTE: Propia

3.1.5.3. Funcionamiento: el sistema de movimiento del grano es a través de paletas giratorias (A), se instala una cremallera sobre el anillo motriz (B), el engranaje impulsor (C) accionado por un motorreductor (D), ambos están soportados en una base (E) a la altura correspondiente para dar movimiento al sistema.

El funcionamiento de este sistema es automático accionado desde el tablero de control.

Esta alternativa mantiene el diseño original con movimiento de paletas agitadoras, pero se modifica el sistema de accionamiento con “estrella piñón” que inicialmente se propuso, a una cremallera montada sobre el anillo motriz.

3.1.5.4. Costo:

En la Tabla 3.3, se muestra un resumen de los costos aproximados para la implementación de la Alternativa III.

Tabla 3.3 Costos de implementación de la Alternativa III

RUBRO	COSTO (USD)
SISTEMA DE PALETAS	3500
MOTORREDUCTOR	2000
CREMALLERA	4500
BASES	1500
MANO DE OBRA	1200
VARIOS	1050
TOTAL	13750

FUENTE: Varios

3.1.5.5. Ventajas:

- Mayor torque de accionamiento.
- Costo moderado.
- Fácil montaje y desmontaje.
- Realiza un movimiento continuo.
- Accionamiento sencillo.
- Reducción de la manipulación y esfuerzo por parte del operario.
- Sistema compacto.

3.1.5.6. Desventajas:

- Fabricación compleja.
- Desgaste de los elementos.
- Riesgo durante la operación.
- El sistema de paletas requiere gran torque para su movimiento.
- Riesgo de atascamiento del sistema.
- Lubricación constante entre sus partes.

3.1.6. PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Luego de un análisis en resumen de características de funcionamiento y costos se realiza una tabla de ponderaciones, para seleccionar la alternativa idónea de acuerdo a los criterios de calificación establecidos y los parámetros planteados a continuación, lo cual se presenta en la Tabla 3.4.

Criterios de calificación:

1 = Módico, 2 = Aceptable, 3=Recomendable.

Parámetros a valorar y su ponderación:

- Costo (0.20)
- Funcionabilidad (0.15)
- Capacidad (0.20)
- Mantenimiento y operación (0.15)
- Ergonomía (0.10)
- Construcción y Montaje (0.20)

Tabla 3.4 Calificación de las alternativas

Parámetro	Valor de Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
Costo	0,2	2	0,4	2	0,4	3	0,6
Funcionabilidad	0,15	3	0,45	2	0,30	2	0,3
Capacidad	0,2	3	0,6	2	0,4	3	0,6
Mantenimiento y operación	0,15	2	0,3	2	0,3	1	0,15
Ergonomía	0,1	3	0,3	3	0,3	2	0,2
Construcción y montaje	0,2	2	0,4	2	0,4	1	0,2
TOTAL		2,45		2,10		2,05	

FUENTE: Propia

Los resultados obtenidos en la Tabla 3.4 consideran para su implementación la Alternativa I con un total de 2,45 puntos; calificación con la cual se ha determinado que es la opción más apropiada para el diseño.

3.1.7. ALTERNATIVA SELECCIONADA.

La alternativa seleccionada consta de los siguientes sistemas:

- Obra civil.
- Sistema soporte motriz.
- Sistema de agitación de grano.
- Sistema de descarga.
- Sistema de secado.
- Instalaciones auxiliares.

3.1.8. PROTOTIPO.

En la Figura 3.8 se presenta el prototipo final a diseñar, señalando las partes principales.

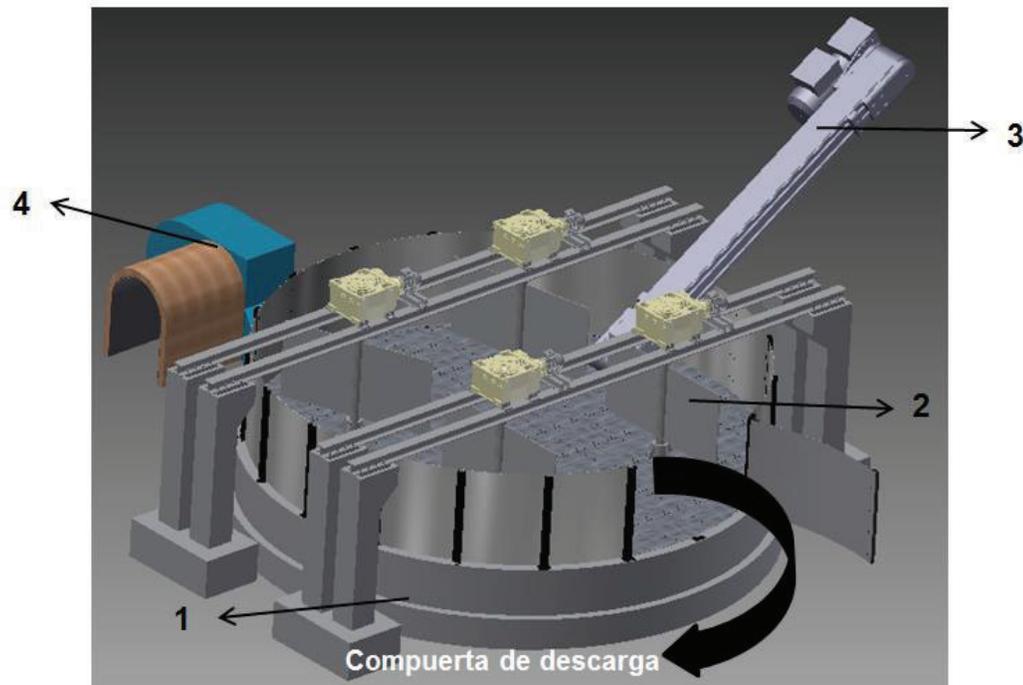


Figura 3.8 Prototipo final del Secador de Granos.

FUENTE: Propia

1. Obra civil del secador
2. Sistema de agitación de grano
3. Sistema de descarga
4. Sistema de secado
5. Instalaciones de control y auxiliares

3.1.9. DISEÑO Y CÁLCULOS.

Una vez seleccionada la alternativa apropiada para el diseño se procede a realizar los cálculos de las partes que la conforman.

3.1.9.1. Diseño de paletas: las paletas son el elemento que está en contacto directo con la masa de grano, tiene la función de transmitir el torque generado por el eje central a través del motorreductor, con ello se logra abarcar un área del secador que permita optimizar el proceso de secado. El movimiento producido permite que el aire caliente circundante en el secador llegue de forma adecuada a la masa de grano.

3.1.9.1.1. Dimensionamiento de las paletas:

Área de movimiento de grano: considerando un diámetro máximo de giro de las paletas de 2 metros. Este valor cubre mayoritariamente al diámetro de la circunferencia inscrita en cada cuadrante; dejando la holgura necesaria en cada extremo de la paleta para que el maíz circule libremente.

Tal como se muestra en la Figura 3.9, las áreas sombreadas representan la zona de influencia cuando están en movimiento las paletas, como se puede ver se distribuye uniformemente dentro del secador.

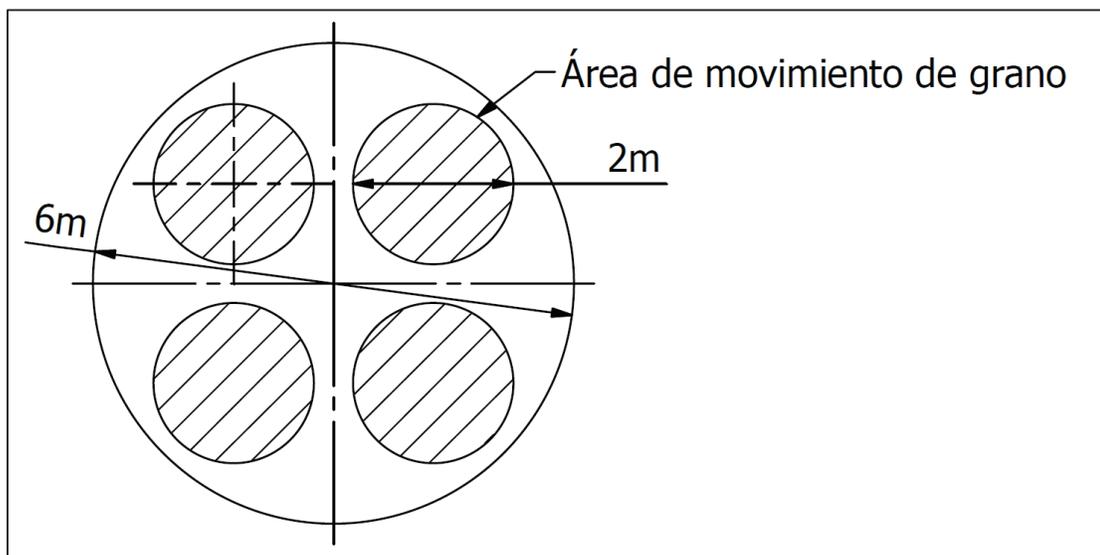


Figura 3.9 Esquema de distribución de áreas en el movimiento de grano.

FUENTE: Propia

Se dimensionan las paletas con un diámetro total de giro de 2 m, con 4 agitadores simétricos.

$$A_{\text{movimiento}} = \pi \times r^2 \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Dónde:

$$r = 1 \text{ m}$$

$$A_{\text{movimiento}} = \pi \times 1^2$$

$$A_{\text{movimiento}} = 3.14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{movimiento total}} = \text{número de paletas} \times \text{área de movimiento} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Dónde:

Número de paletas= 4

$$A_{\text{movimiento total}} = 4 \times 3.14$$

$$A_{\text{movimiento total}} = 12.56 \text{ m}^2$$

$$\% \text{ de grano en movimiento} = \frac{\text{Área movimiento total}}{\text{Área total secador}} \times 100 \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Dónde:

$$\text{Área total del secador} = \pi \times r^2 = \pi \times 3^2 = 28.27 \text{ m}^2$$

$$\% \text{ de grano en movimiento} = \frac{12.56}{28.27} \times 100$$

$$\% \text{ de grano en movimiento} = 44.42\%$$

3.1.9.1.2. Cálculo del torque necesario:

- Tamaño de paletas:

Se considera una paleta de 0,90 m x 0,92 m y de 0,0127 m de espesor.

El área de la paleta es de 0,83 m².

- Masa de grano en contacto con cada paleta:

Altura de la paleta: 0,90 m

$$Volumen_{\text{movimiento grano}} = h \times A_{\text{movimiento}} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

$$Volumen_{\text{movimiento grano}} = 0.90 \times 3.14$$

$$Volumen_{\text{movimiento grano}} = 2.83 \text{ m}^3$$

$$m = d \times V \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Dónde:

$$d = \text{densidad del maíz} = 750 \text{ kg/m}^3$$

$$m = 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2.83 \text{ m}^3$$

$$m = 2122,5 \text{ kg}$$

- Fuerza ejercida en las paletas, la Figura 3.10 muestra la distribución de las fuerzas sobre las paletas:

La masa de grano en movimiento en cada paleta es de 2122,5 kg.

$$F = m \times a \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Para este caso se considera como aceleración a la gravedad:

$$a = g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$F = m \times g$$

$$F = 2122,5 \times 10$$

$$F = 21225 \text{ N}$$

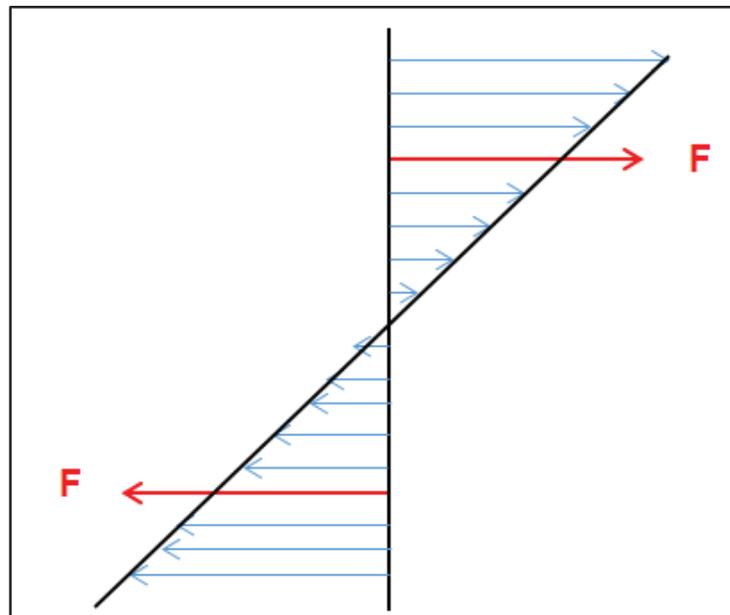


Figura 3.10 Distribución de fuerzas ejercidas en la paleta.

FUENTE: Propia

$$T_{max} = F \times d \quad (\text{Ec. 3.7})$$

$d = \text{distancia del eje al centro de gravedad de la paleta}$

$$d = \frac{2 \times \text{ancho paleta}}{3}$$

$$d = \frac{2 \times 0.92}{3}$$

$$d = 0.613\text{m}$$

$$F = \text{fuerza ejercida en la paleta} = 21225 \text{ N}$$

Reemplazando fuerza y distancia:

$$T_{min} = 21225 \times 0.613$$

$$T_{min} = 13010,92 \text{ Nm}$$

3.1.9.1.3. Cálculo del esfuerzo en paletas:

Para el cálculo del esfuerzo soportante en las plateas agitadoras se utiliza la siguiente fórmula:

$$\sigma = \frac{3}{2} \times \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 3.8})$$

$$\sigma = \frac{3}{2} \times \frac{21225 \text{ N}}{0.83 \text{ m}^2}$$

$$\sigma = 38358,43 \text{ kPa}$$

El esfuerzo máximo se obtiene con la Ec. 3.8, este valor representa la condición crítica a la cual es sometida la paleta. Con la ayuda del software Autodesk Inventor se procede a continuación a realizar una simulación de esfuerzos, tomando en consideración el esfuerzo máximo aplicado uniformemente en una cara de la paleta, se considera el esfuerzo generado por la gravedad y se restringe el extremo que se junta al eje central; con ello se determina el esfuerzo resultante que debe soportar el material. La gráfica de la simulación se muestra en la Figura 3.11.

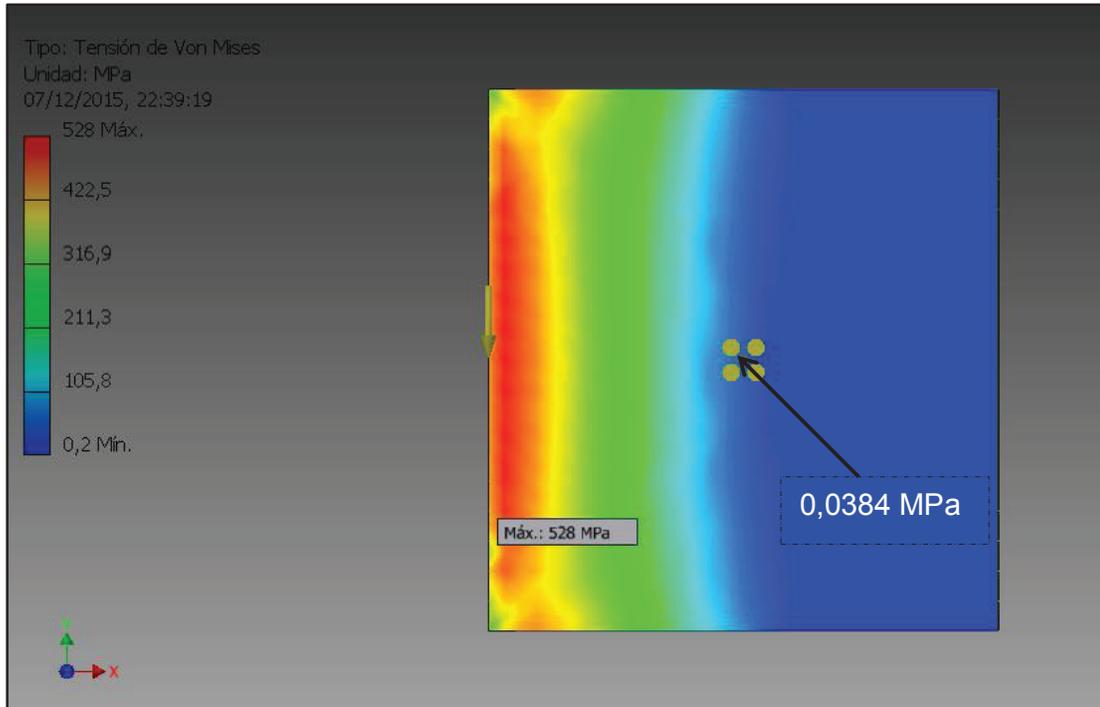


Figura 3.11 Simulación de esfuerzos en la paleta

FUENTE: Autodesk Inventor

Bajo las condiciones establecidas previamente en la simulación se aplica la carga de 0,0384 MPa sobre la cara de la paleta, este esfuerzo se origina por el empuje de la masa de grano sobre dicha área. Luego del análisis con el software Autodesk Inventor aplicando el criterio de Von Misses se determina que el esfuerzo resultante máximo es de 528 Mpa. Como se puede observar en la Figura 3.11, el área de color rojo se encuentra más cercana al eje central, lo cual indica que es el punto donde se concentran mayoritariamente los esfuerzos.

Bajo los requerimientos de la paleta se selecciona un acero Böhler Chronit 400 o su equivalente en el mercado, cuya resistencia a la fluencia es de 1163 Mpa.

Considerando que la resistencia del material seleccionado es de 1163 MPa y que el esfuerzo máximo al cual va a ser sometido es 528 MPa, se calcula que bajo estas condiciones el factor de seguridad con el que se va a trabajar este elemento es de 2,2.

3.1.9.2. Selección del reductor: este equipo es el encargado de dar el movimiento al eje y a las paletas para el agitado de grano, su función es transformar la rotación de alta velocidad del motor a baja velocidad, a fin de que se tenga una movilidad de grano controlada.

3.1.9.2.1. Parámetros de selección:

- Torque mínimo: 13010.92 Nm
- Número de revoluciones de salida: 3-4 RPM
- Número de revoluciones de entrada: depende disponibilidad en el mercado.
- Peso: el menor peso posible.
- Tipo de reductor: ortogonal
- Tipo de salida del eje: vertical

3.1.9.2.2. Análisis de resultados:

Se selecciona una marca de fácil acceso en el mercado local, ver especificaciones en Anexo 1⁵, puesto que se necesita un alto torque para mover la masa de grano se escoge el equipo su equivalente en el mercado, con eje de salida tiene que ser acorde a las dimensiones de la Figura 3.11. Según catálogo del fabricante, este dispositivo requiere de un motor de al menos 3000 RPM y 4.3 kW de potencia.

3.1.9.2.3. Esquema de dimensiones del eje de acople al reductor:

En la Figura 3.12, se muestra el esquema con las dimensiones completas del eje que se acopla al reductor, según catálogo del fabricante. Estas medidas deben ser cumplidas estrictamente para que se garantice un correcto funcionamiento.

⁵ Anexo 1. Catálogo Bonfiglioli, equipo A90 4_1111 UH100 P100, pág 247, 317, 321.

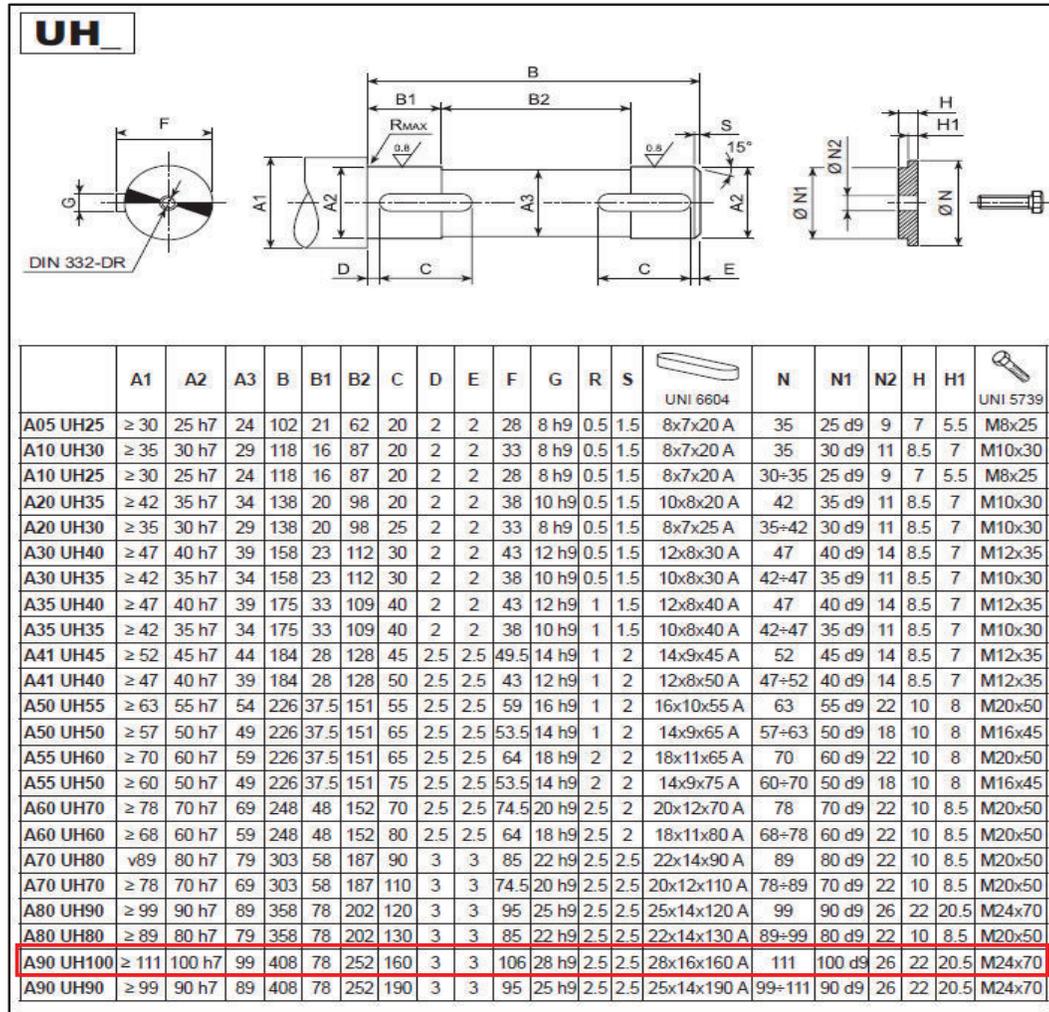


Figura 3.12. Dimensionamiento del eje de salida del motorreductor.

FUENTE: Anexo 1

3.1.9.3. Selección del motor: es el dispositivo eléctrico que genera movimiento rotacional para accionar el reductor y producir así el desplazamiento del eje y paletas agitadoras de grano.

3.1.9.3.1. Cálculo de la potencia de motor necesaria:

Para el cálculo de potencia del motor se utiliza la siguiente relación:

$$P = \frac{T \times RPM}{716} \quad (\text{Ec. 3.9})^6$$

⁶ <http://www.potenciaelectromecanica.com/calculo-de-un-motorreductor/>

P= en HP

T= Torque= 13010.92 N·m= 1326.29 kgf·m

RPM= revoluciones requeridas a la salida del reductor

$$P = \frac{1326.29 \times 3}{716}$$

$$P = 5.55 \text{ HP}$$

3.1.9.3.2. *Parámetros de selección:*

- Número de revoluciones de salida mínimo: 3000 RPM
- Potencia: 5.55 HP ≈ 6HP
- Peso: el menor peso posible
- Voltaje: 220V
- Frecuencia: 60 Hz
- Tipo de conexión eléctrica: Trifásica, alterna.

3.1.9.3.3. *Análisis de resultados:*

Se selecciona una marca de fácil acceso en el mercado local, ver Anexo 2⁷. El motor seleccionado es de 6HP, 3480RPM, 220V, 3F, 60Hz y tiene un diámetro de salida del eje de 0,028 m.

3.1.9.4. Diseño del eje central: el eje central es el elemento mecánico que transmite el torque producido en el motorreductor que permite el movimiento de la masa de grano por medio de las paletas. Deben considerarse los esfuerzos a los cuales va a estar sometido.

3.1.9.4.1. *Cálculo del diámetro mínimo del eje:*

❖ DATOS:

Material: Acero Böhler V155⁸ o su equivalente en el mercado.

Resistencia de fluencia $S_y = 700 \text{ Mpa}$

⁷ Anexo 2. Catálogo de motores WEG, serie W22-IE2, págs. 62, 63, 64.

⁸ Anexo 5. Catálogo de Aceros Böler.

Torque máximo= 13010.92 Nm

- Cálculo del diámetro del eje:

Partiendo de la Teoría de la Falla por distorsión de la energía (Teoría de Von Misses):

$$d = \sqrt[3]{10.19 \times F.S. \times \sqrt{\left[\left(\frac{kf \times M_{max}}{S_n}\right)^2 + 0.694 \times \left(\frac{T}{S_y}\right)^2}} \quad (\text{Ec. 3.10})^9$$

d=diámetro

F.S.= Factor de seguridad

Kf= factor de concentración de esfuerzos

M_{máx}= momento flector máximo

S_n= resistencia a la fatiga

T= torque máximo

S_y= resistencia del material

Este diámetro se calcula con un factor de seguridad de 4, debido a que el eje está sometido a un esfuerzo repetitivo.

Ya que no se considera esfuerzo a flexión, el primer miembro de la ecuación es igual a cero.

$$d = \sqrt[3]{10.19 \times 4 \times \sqrt{\left[0.694 \times \left(\frac{13010.92}{700E^6}\right)^2\right]}}$$

$$d = 0.08577 \text{ m} = 85.77 \text{ mm}$$

Con el esfuerzo al que va a estar sometido el eje y bajo las condiciones de material seleccionado, se puede dimensionar el eje con un diámetro mínimo de 0,088 m. pero en el diseño debe subir el diámetro inmediato superior que encuentre en el mercado.

⁹ http://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf

Sin embargo, hay que considerar que el diseño del motorreductor seleccionado anteriormente tiene una dimensión de eje definido y que obligatoriamente se utiliza bajo esos parámetros; dicho esto se define el tamaño del eje de acuerdo a las medidas determinadas en la Figura 3.12, y al plano correspondiente.

3.1.9.5. Selección de rodamientos: se necesita seleccionar un rodamiento para soportar cargas axiales y otro que resista además cargas radiales para que permita girar con libertad las paletas, evitando que los esfuerzos producidos sobre el eje afecten la movilidad o cause daño al equipo.

3.1.9.5.1. Parámetros de selección:

Rodamiento axial:

- Diámetro del eje = 0,1 m
- Carga = 8558,25 N (peso del eje y paletas se determina mediante el software Autodesk Inventor, se considera un factor de seguridad de 2,5)
- Tipo de rodamiento = axial de bolas.
- Disponibilidad en el mercado local.

Rodamiento radial:

- Diámetro del eje = 0,12 m
- Carga = 22808.25 N (peso de la masa de grano que interviene en el movimiento en cada eje y paletas)
- Tipo de rodamiento = radial de bolas.
- Disponibilidad en el mercado local.

3.1.9.5.2. Cálculo de carga dinámica en el rodamiento:

a. Rodamiento axial:

La selección de rodamientos implica el cálculo de las cargas dinámicas que recibe cada elemento, es decir el valor total de las reacciones en los rodamientos.

El catálogo del fabricante tiene la siguiente relación para el cálculo:

$$C = \frac{f_L}{f_n} \times P \quad (\text{Ec. 3.10})^{10}$$

f_L = Factor de esfuerzos dinámicos= 2 (para maquinaria agrícola)

C= Capacidad de carga dinámica [kN]

P= Carga dinámica equivalente [kN]= 8,55 kN

f_n = Factor de velocidad= 1,49

$$C = \frac{2}{1.49} \times 8,55$$

$$C = 11,47 \text{ kN}$$

b. Rodamiento radial:

Con referencia al catálogo del fabricante se tiene la siguiente relación para el cálculo:

$$C = \frac{f_L}{f_n} \times P$$

f_L = Factor de esfuerzos dinámicos= 2 (para maquinaria agrícola)

C= Capacidad de carga dinámica [kN]

P= Carga dinámica equivalente [kN]= 22,8kN

f_n = Factor de velocidad= 1,49

$$C = \frac{2}{1.49} \times 22,8$$

$$C = 30,6 \text{ kN}$$

3.1.9.5.3. Análisis de resultados:

- a. Del catálogo del fabricante (Anexo 3¹¹), se selecciona el rodamiento N°51120, que corresponde a un rodamiento axial de bolas de simple efecto, soporta una carga dinámica de hasta 85 kN, ver esquema en la Figura 3.14.

¹⁰ Catálogo FAG, pág 32.

¹¹ Anexo 3. Catálogo FAG.

- b. Del catálogo del fabricante (Anexo 3), se considera el rodamiento N°6024 2ZR, que corresponde a un rodamiento radial de bolas de una hilera, soporta una carga dinámica de hasta 83 kN, ver esquema en la Figura 3.13.

3.1.9.5.4. *Esquemas:*

Del numeral 3.1.9.5.3.b, se selecciona el rodamiento radial según fabricante, el cual se muestra esquemáticamente en la Figura 3.13.

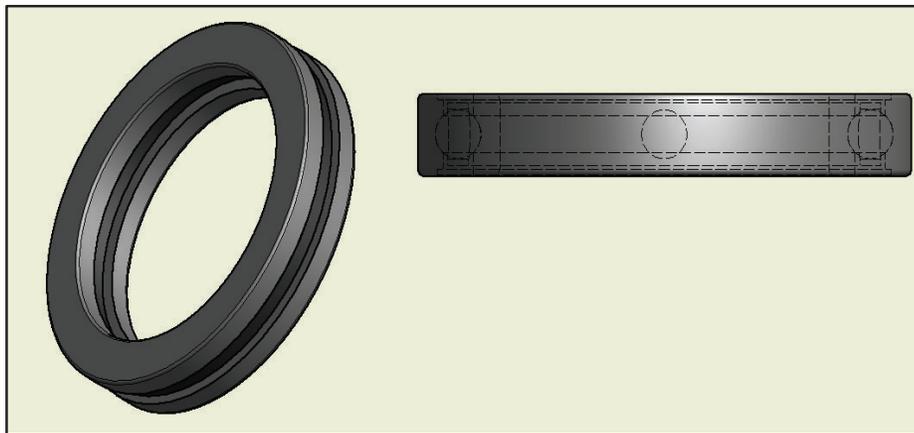


Figura 3.13. Esquema del rodamiento radial.

FUENTE: Catálogo fabricante.

Del numeral 3.1.9.5.3.a, se selecciona el rodamiento axial según fabricante, el cual se muestra esquemáticamente en la Figura 3.13.

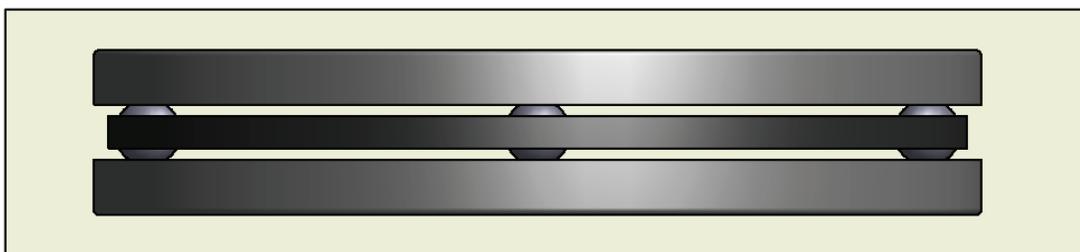


Figura 3.14 Esquema del rodamiento axial.

FUENTE: Catálogo fabricante.

3.1.9.6. Viga: corresponde al elemento estructural soportante de los equipos electromecánicos, está asentada sobre las columnas soporte y fijada con pernos de anclaje.

Para el diseño de la viga se consideran los siguientes datos:

- Masa de equipos y partes

El diagrama de cuerpo libre de las cargas aplicadas sobre la viga que soportan los motorreductores, se muestra en la Figura 3.15:

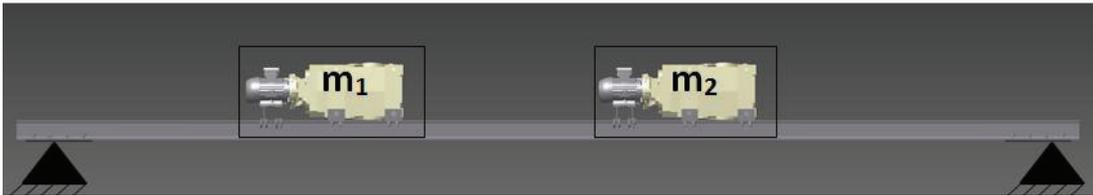


Figura 3.15 Esquema de cargas aplicadas sobre la viga.

FUENTE: Propia

- Masa del motorreductor = 415 kg
- Masa del motor = 38,5 kg
- Masa de acoples = 11,2 kg
- Masa de pernos = 4 kg
- Masa de vigas auxiliares = 10,78 kg
- Masa de lubricante y accesorios=71,92kg

$$m = m_1 = m_2 = M_{\text{motorreductor}} + M_{\text{motor}} + M_{\text{acoples}} + M_{\text{pernos}} + M_{\text{vigas aux.}} + M_{\text{lubr y acc}} \quad (\text{Ec. 3.11})$$

$$m = (415 + 38.5 + 11.2 + 4 + 10.78 + 71.92)kg$$

$$m = 551.4 \text{ kg}$$

❖ Características del material:

- Viga Tipo = HEB
- Material = Acero A-36

- Esfuerzo de fluencia $S_y = 2500 \text{ Kgf/cm}^2 = 2,481 \times 10^8 \text{ Pa}$.

3.1.9.6.1. Diagramas:

A partir de las cargas obtenidas, se realiza el diagrama de cuerpo libre de la viga soportante empleando el software Force Effect, así los resultados se muestra en la Figura 3.16:

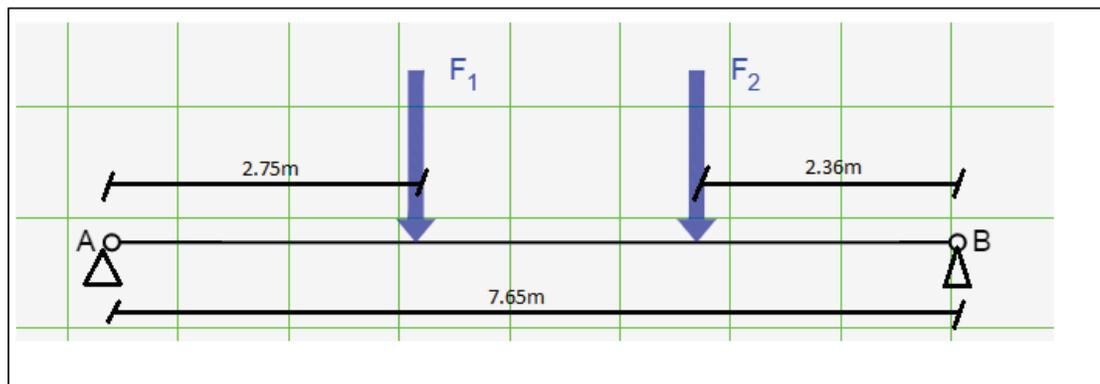


Figura 3.16 Diagrama de cuerpo libre de la viga.

FUENTE: Propia

$m =$ masa de equipos = 551,4kg

$g =$ gravedad = 10 m/s^2

$F.S =$ factor de seguridad = 2,5

Para este caso en particular se considera a la fuerza ejercida F sobre las vigas como el peso de los equipos.

- Se considera "m/2" debido a que los equipos están apoyados sobre dos vigas una a cada extremo y se distribuye su carga proporcionalmente.
- El factor de seguridad considerado es de 2,5.

$$P1 = P2 = \left(\frac{m}{2} \times g\right) \times F.S \quad (\text{Ec. 3.12})$$

$$P1 = P2 = \left(\frac{551,4}{2} \times 10\right) \times 2,5$$

$$P1 = P2 = 6892.52N$$

Con los datos obtenidos de los cálculos, se realiza el diagrama de esfuerzo cortante, mostrado en la Figura 3.17, mediante el Software Force Effect:



Figura 3.17 Diagrama de esfuerzo cortante.

FUENTE: Autodesk ForceEffect

Con los datos obtenidos de los cálculos, se realiza el diagrama del momento flector, mostrado en la Figura 3.18, mediante el Software Force Effect:

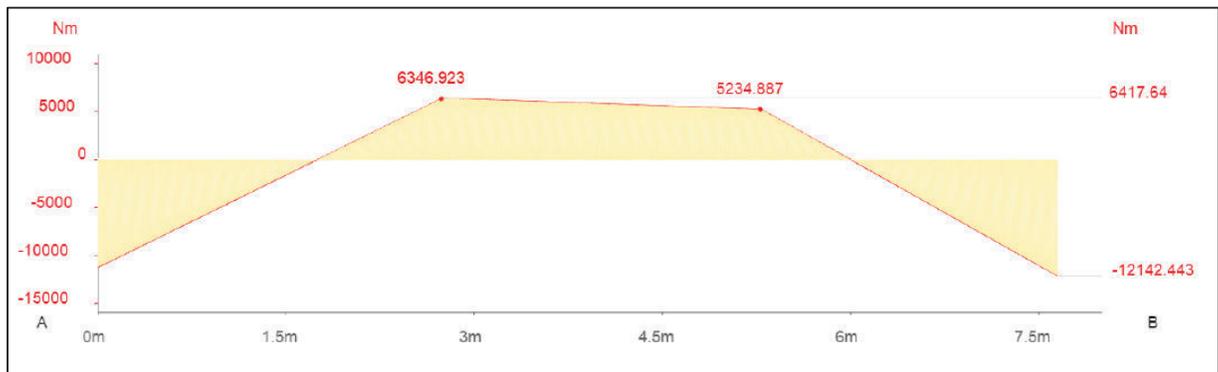


Figura 3.18 Diagrama de momento flector.

FUENTE: Autodesk ForceEffect

3.1.9.6.2. Cálculos:

Las Figuras 3.17 y 3.18 indican que el momento máximo aplicado en la viga es de 12142,44 Nm.

❖ Cálculo del módulo de sección:

- Esfuerzo de fluencia $S_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2 = 2,481 \times 10^8 \text{ Pa}$.

- $\sigma_{admisible} = 0,9 \times S_y = 2,23E^8 Pa$

– Se considera un factor de resistencia a flexión de 0,9.

$$S_{requerido} = \frac{M_{\max}}{\sigma_{admisible}} \quad (\text{Ec. 3.12})^{12}$$

$$S_{requerido} = \frac{12142,44}{2,23E^8}$$

$$S_{requerido} = 5,445E^{-5} m^3 = 54,45 cm^3$$

3.1.9.6.3. Análisis de resultados:

Considerando el módulo de sección de $54,45 \text{ cm}^3$, se selecciona del Anexo 4¹³ según tabla de fabricante, que la viga tipo HEB 140 cumple el requerimiento y tiene un $S=78,5 \text{ cm}^3$.

3.1.9.7. Columna soporte: la columna soporte es el elemento estructural sobre el cual se instalará la viga IPE que sostiene a los reductores y motores.

3.1.9.7.1. Datos de diseño: Se considera una columna como la Figura 3.19, debido a que es necesario una superficie para apoyo de las vigas.

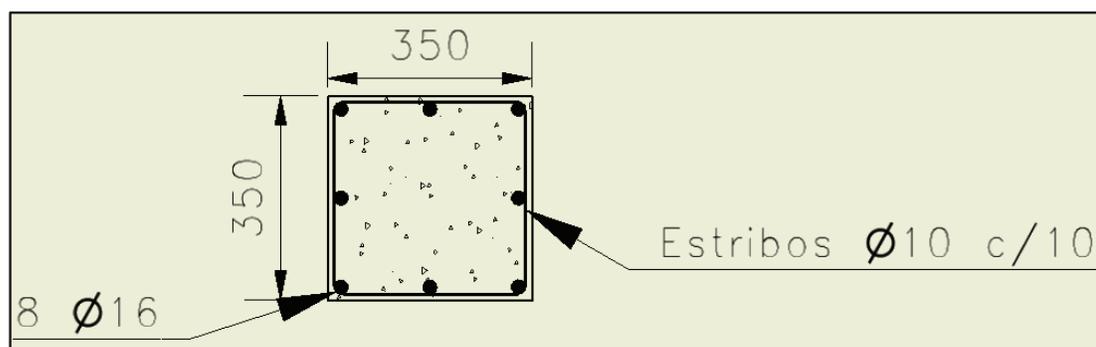


Figura 3.19 Dimensionamiento de la columna soporte.

FUENTE: Propia

¹² Mecánica de Materiales, R.C.Hibbeler, 6ta edición, capítulo 11, pág 558.

¹³ Anexo 4. Catálogo de perfiles DIPAC, pág. 12

Se utiliza un hormigón de resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y el acero un esfuerzo de fluencia $S_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

3.1.9.7.2. Cálculos de columna de hormigón armado¹⁴:

- Cálculo del área geométrica de la columna, área de hormigón y área del acero:

$$A_{geométrica} = l^2 \quad (\text{Ec. 3.13})$$

$$A_{geométrica} = (35 \times 35) \text{ cm}^2 = 1225 \text{ cm}^2$$

$$A_{acero} = 8 \times (\pi r^2) \text{ cm}^2 = 8 \times (\pi \times 0.8^2) \text{ cm}^2 \quad (\text{Ec. 3.14})$$

$$A_{acero} = 8 \times (2,011) \text{ cm}^2 = 16,085 \text{ cm}^2$$

$$A_{hormigón} = A_{geométrica} - A_{acero} = 1225 \text{ cm}^2 - 16,085 \text{ cm}^2 \quad (\text{Ec. 3.15})$$

$$A_{hormigón} = 1208,915 \text{ cm}^2$$

- Verificación de cantidades mínimas y máximas de armado:

$$\rho = \frac{A_{acero}}{A_{geométrica}} = \frac{16,085 \text{ cm}^2}{1225 \text{ cm}^2} = 0,013 \quad (\text{Ec. 3.16})$$

$$\rho_{mínimo} = 0,01$$

$$\rho_{máximo} = 0,06$$

Considerando que:

$$\rho_{mínimo} < \rho < \rho_{máximo}$$

$$0,01 < 0,013 < 0,06$$

Se comprueba que la cantidad de armado es suficiente para la columna dimensionada.

- Determinación de la carga de rotura máxima:

$$P_{máx} = 0,8 \times \phi \times (0,85 \times f'c \times A_{hormigón} + A_{acero}) \quad (\text{Ec. 3.17})$$

$$\phi = 0,70 \text{ (para columna con estribos)}$$

¹⁴ <http://publiespe.espe.edu.ec/librosvirtuales/hormigon/temas-de-hormigon-armado.htm>

$$P_{m\acute{a}x} = 0,8 \times 0,70 \times (0,85 \times 210 \frac{kg}{cm^2} \times 1208,915 cm^2 + 16,085 cm^2 \times 4200 \frac{kg}{cm^2})$$

$$P_{m\acute{a}x} = 158663,80 kg$$

$$P_{m\acute{a}x} = 158,66 \text{ Toneladas}$$

Tomando en consideraci3n que la carga que va a resistir es de 405 kg aprox., se concluye que la columna es id3nea para soportar la carga.

3.2. DESCARGA DE GRANOS

3.2.1. IDENTIFICACI3N DEL PROBLEMA.

El sistema de descarga de granos en un secador es el proceso que se encarga de evacuar la masa de grano desde su interior para su posterior distribuci3n, el objetivo de un sistema de descarga semiautom3tico es disminuir el esfuerzo de los operadores y optimizar el tiempo de trabajo.

Adicionalmente, al sistema de descarga se debe contemplar dentro del dise1o del secador de granos un acceso que permita el vaciado total del secador, su limpieza y mantenimiento.

3.2.2. PAR3METROS DE SELECCI3N DE ALTERNATIVAS.

Los par3metros de selecci3n se relacionan con las caracter3sticas que tiene que cumplir el sistema de descarga dentro del proceso de secado de granos.

Los siguientes par3metros sirven para determinar cu3l de las alternativas es la m3s conveniente para su implementaci3n:

- Costo
- Velocidad de descarga
- Mantenimiento
- Operaci3n

- Ergonomía
- Construcción y Montaje

Para realizar el estudio de alternativas se analizan los siguientes sistemas:

- Sistema de descarga a través del piso por medio de un tornillo sinfín compuerta lateral.
- Sistema de descarga por medio de tornillo transportador (bazuca) y compuerta lateral.

3.2.3. ALTERNATIVA I: SISTEMA DE DESCARGA A TRAVÉS DEL PISO.

3.2.3.1. Descripción: con esta alternativa se mantiene la del prototipo implementado en el Cantón Ventanas que se compone de una compuerta deslizante que se abre para que baje la masa de maíz una vez terminado el proceso de secado, a un sistema transportador con tornillo sinfín que lo lleva hacia una fosa exterior.

Para la masa que no se ha descargado se implementa una compuerta lateral.

3.2.3.2. Partes principales: En las Figuras 3.20 y 3.21, se muestran las partes que conforman la alternativa I.



Figura 3.20. Partes Principales Alternativa I: Sistema de descarga a través de compuerta.

FUENTE: Propia.



Figura 3.21 Partes Principales Alternativa I: Sistema de descarga a través de compuerta.

FUENTE: Propia.

3.2.3.3. Funcionamiento: el sistema de descarga consta de una compuerta deslizante (A) a través de la cual baja la masa de grano, hasta el transportador de tornillo (B) cuyo movimiento es generado con un motor acoplado con transmisión de banda (C), la masa de grano es expulsada a una fosa (D) de hormigón ubicada en el exterior del secador, conforme se acumula la masa de grano en la fosa, ésta es transportada hacia el contenedor de acopio y/o transporte por medio de un transportador de tornillo sinfín (E).

3.2.3.4. Costo:

En la Tabla 3.5, se muestra un resumen de los costos aproximados para la implementación de la Alternativa I.

Tabla 3.5 Costos de implementación de la Alternativa I para la descarga de grano.

RUBRO	COSTO (USD)
TORNILLO SINFÍN	800
CARCASA	250
MOTOR Y TRANSMISIÓN	700
OBRA CIVIL DE FOSA	600
MANO DE OBRA	500

.../

VARIOS	250
COMPUERTA LATERAL	400
TOTAL	3500

FUENTE: Varios

3.2.3.5. Ventajas:

- Reducción de la manipulación y esfuerzo por parte del operario.
- Realiza una descarga continua.
- Accionamiento sencillo.
- Sistema compacto.

3.2.3.6. Desventajas:

- Fabricación complicada.
- Montaje y desmontaje, difícil.
- Costo elevado.
- Desgaste mayor de las piezas.
- Riesgo de atascamiento del maíz.
- Velocidad de descarga baja.
- Requiere mantenimiento constante.

3.2.4. ALTERNATIVA II: SISTEMA DE DESCARGA POR MEDIO DE TORNILLO TRANSPORTADOR (BAZUCA) Y COMPUERTA LATERAL AUXILIAR.

3.2.4.1. Descripción: en esta alternativa se utiliza un tornillo transportador tipo bazuca que permite la evacuación del producto directamente desde la cámara de secado a un contenedor para su posterior transporte, tomando en consideración que no se puede evacuar la totalidad de la masa de grano con el transportador de tornillo se implementa una compuerta lateral a fin de evacuar el maíz remanente en le cámara de secado; éste trabajo se lo realiza manualmente.

3.2.4.2. Partes principales: En la Figura 3.22 y 3.23, se muestran las partes que conforman la alternativa II.

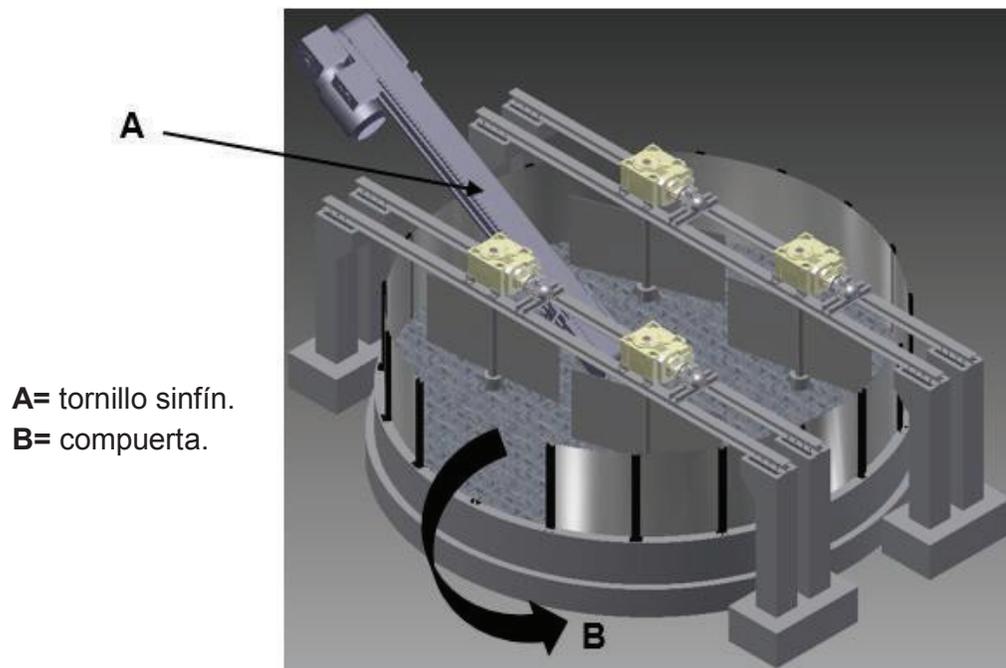


Figura 3.22 Partes Principales Alternativa II: Sistema de descarga a través de bazuca y compuerta.

FUENTE: Propia.

3.2.4.3. Funcionamiento: el sistema de descarga consta de un tornillo sinfín tipo bazuca (A) el cual se adquiere localmente y es el encargado de evacuar el producto final, y para la masa de grano sobrante se implementa una compuerta lateral (B) para permitir la evacuación del maíz manualmente.

3.2.4.4. Costo:

En la Tabla 3.6, se muestra un resumen de los costos aproximados para la implementación de la Alternativa I.

Tabla 3.6 Costos de implementación de la Alternativa II para la descarga de grano.

RUBRO	COSTO (USD)
TRANSPORTADOR DE TORNILLO	2000
COMPUERTA LATERAL	300
MANO DE OBRA	300
VARIOS	100
TOTAL	2700

FUENTE: Varios

3.2.5. PONDERACIÓN DE ALTERNATIVAS.

El análisis de las características, funcionamiento y costos permite realizar una tabla de ponderación, Tabla 3.7, para obtener la alternativa idónea de acuerdo a los criterios de calificación establecidos y los parámetros planteados a continuación.

Criterios de calificación:

1 = Mó dico, 2 = Aceptable, 3=Recomendable.

Parámetros a valorar y su ponderación:

- Costo (0.20)
- Velocidad de descarga (0.20)
- Mantenimiento (0.15)
- Operación (0.15)
- Ergonomía (0.10)
- Construcción y Montaje (0.20)

Tabla 3.7 Calificación de las alternativas

Parámetro	Valor de Ponderación	Alternativa 1		Alternativa 2	
Costo	0,20	2	0,40	3	0,60
Velocidad de descarga	0,20	1	0,20	2	0,40
Mantenimiento	0,15	1	0,15	3	0,45
Operación	0,15	3	0,45	2	0,30
Ergonomía	0,10	3	0,30	2	0,20
Construcción y montaje	0,20	2	0,40	3	0,60
TOTAL			1,90		2,55

FUENTE: Propia

De los resultados obtenidos en la Tabla 3.7 se considera para su implementación la Alternativa II con un total de 2,55 puntos; calificación con la cual se ha determinado que es la opción más óptima para su ejecución.

3.2.6. ALTERNATIVA SELECCIONADA.

La alternativa seleccionada consta de los siguientes sistemas:

- Transportador de tornillo (bazuca).
- Compuerta.

3.2.7. PROTOTIPO.

La Figura 3.23 presenta el prototipo final a implementar, señalando las partes principales del prototipo.

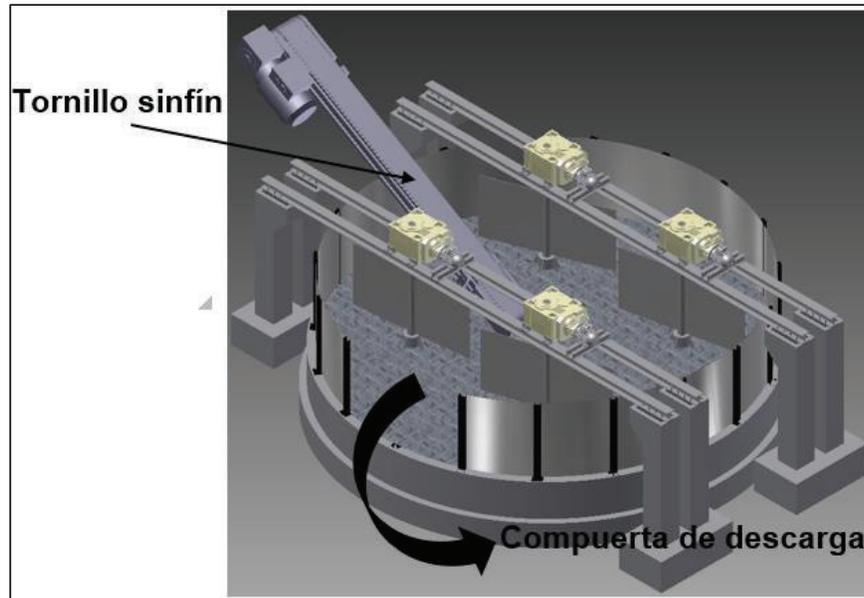


Figura 3.23 Prototipo final del Sistema de descarga

FUENTE: Propia.

3.2.8. PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.

La necesidad de evacuar la masa de grano seco con facilidad y versatilidad determinan las variables que permitan implementar un equipo eficiente y económico.

3.2.8.1. Transportador de tornillo: es un equipo que se construye conociendo sus características de funcionamiento y operación. Consta del tornillo, la carcasa que lo recubre y el sistema de transmisión. El movimiento rotacional del tornillo transporta la masa de grano desde la toma de alimentación hacia el contenedor final, el equipo mencionado se muestra en la Figura 3.24.

3.2.8.1.1. Datos de operación:

Material a transportar: maíz

Velocidad de transporte de grano: $42 \text{ m}^3/\text{h} = 31.5 \text{ ton/h}$

Paso del tornillo: 0,25 m

Diámetro del tornillo: 0,25 m

Material del eje y tornillo: acero A-36.

Dimensión mínima de la sección de carcasa: 0,27 x 0,27 m

Potencia del motor: 2HP

Longitud del transportador: 6 m

Tipo de soporte del transportador: tipo trípode móvil, montado en eje y ruedas.

Tipo de conexión eléctrica: 220V, alterna.

Este equipo se puede adquirir localmente en la provincia de Los Ríos.

3.2.8.1.2. *Ejemplo de equipo tipo:*

En la Figura 3.24, se presenta un ejemplo de transportador de tornillo, con características similares a las utilizadas para la descarga de grano del secador.



Figura 3.24 Transportador de tornillo sugerido

FUENTE: www.imasa.info

Al finalizar el rediseño se procede a realizar los correspondientes planos de construcción y de montaje.

Como existen planos civiles y mecánicos se especifican cada uno de ellos, con la siguiente nominación:

Planos civiles: con el código C.

Planos civil - mecánicos: con el código CM.

Estos planos se muestran en el Anexo 6.

3.3. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Una vez que se construya el diseño presentado con sus respectivas adaptaciones para el secador de granos, se debe realizar una serie de pruebas que verifiquen su correcto funcionamiento, a fin de que cumplan con los objetivos del rediseño.

3.3.1. FORMATO DE PROTOCOLO DE PRUEBAS

La Tabla 3.8 presenta el formato para protocolo de pruebas.

Tabla 3.8 Protocolo de pruebas

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
REDISEÑO DEL SECADOR DE GRANOS PROYECTO SENESCYT TT 08-00001			
Nombre del operario:			
Fecha:			
Dimensiones mm	Resultado	Aceptación	
		Sí	No
Diámetro			
Altura			
Velocidad del aire de secado			
Punto	Resultado m/s	Aceptación	
		Sí	No
Salida ventilador			
Ducto			
Cámara de secado			
Temperatura del aire de secado			
Altura m	Resultado °C	Aceptación	
		Sí	No
0.3			
0.7			
1.1			
Velocidad angular del sistema de paletas			
Sistema de paletas	Resultado rpm	Aceptación	
		Sí	No
1			
2			
3			
4			
Humedad del grano			
Porcentaje de humedad inicial	Porcentaje de humedad final	Aceptación	
		Sí	No
15 %			
20 %			
30 %			
Observaciones:			

FUENTE: Propia.

CAPITULO IV

NORMATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y OPERACIÓN DEL SECADOR

4.1. GENERALIDADES

La ejecución de los trabajos de los diferentes rubros de este proyecto, requiere de mano de obra calificada, personal idóneo en la ejecución de los mismos con el fin de optimizar el prototipo.

Las obras generales y los materiales suministrados están de acuerdo y de conformidad a los requisitos y especificaciones, de los planos y bases de la normativa para la construcción del secador de granos.

De acuerdo a las modificaciones planteadas en el Capítulo 3, se realiza la descripción del montaje y puesta en operación del secador de acuerdo a sus características generales, proceso constructivo y materiales empleados.

4.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE OBRA CIVIL DEL SECADOR

La obra civil del secador de granos mantiene las dimensiones, especificaciones y materiales empleados para su construcción; sin embargo, a continuación se hace la descripción del proceso constructivo de las diferentes partes que constituyen la obra civil del secador, las cuales se muestran en la Figura 4.1:

- a. Cuerpo del secador.
- b. Columnas soporte del sistema motriz.
- c. Sistema de descarga.

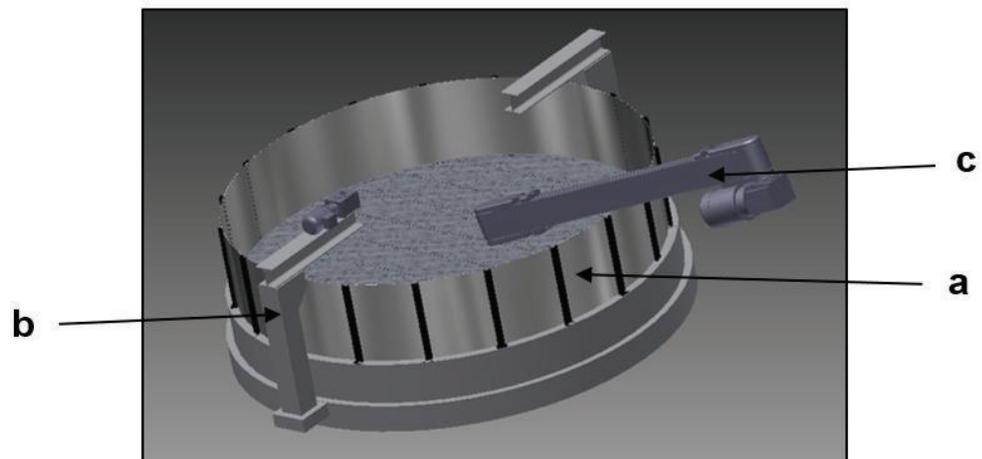


Figura 4.1 Partes Principales de la obra civil del secador.

FUENTE: Propia.

4.2.1. CUERPO DEL SECADOR

El cuerpo del secador es la parte del equipo que contiene toda la masa de maíz a secar, el sistema motriz y los elementos estructurales que soportan las cargas que genera el proceso de secado, los cuales se muestran en la Figura 4.2. Básicamente, el cuerpo del secador está constituido por el piso (A), pared circular (B), estructura soporte (C), planchas baroladas (D) que forman el cuerpo y las planchas perforadas (E) que posibilitan el paso del aire caliente hacia el grano de maíz húmedo. Véase en la Figura 4.2.

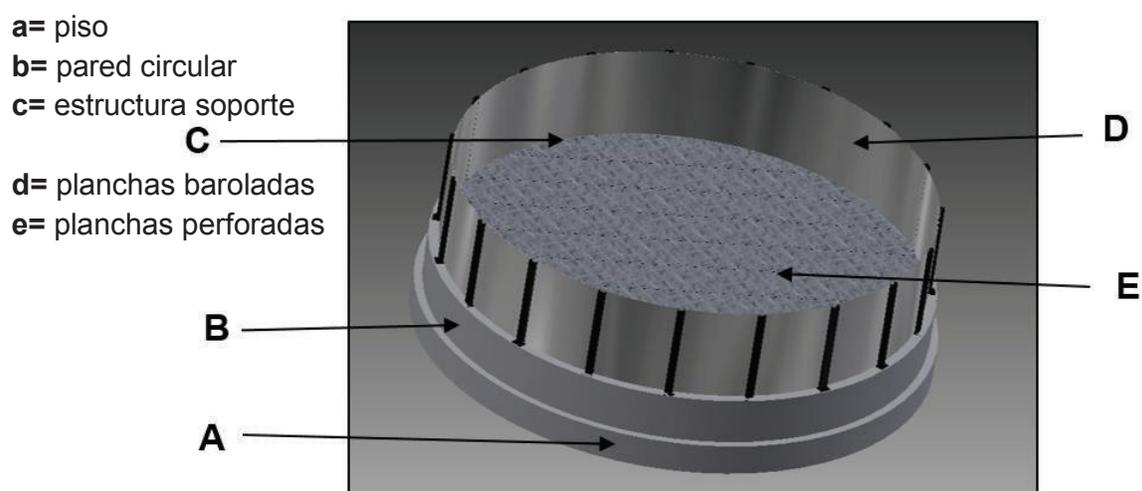


Figura 4.2 Cuerpo del secador.

FUENTE: Propia.

4.2.1.1. Piso

El piso del secador es el elemento estructural que soporta los demás ítems que conforman el secador y, está en contacto directo con el terreno dónde se instala el prototipo.

4.2.1.1.1. *Materiales, herramientas y equipos*

Materiales mínimos: material pétreo de mejoramiento, malla electrosoldada, ripio, arena, cemento, agua.

Equipos: máquina compactadora, pala mecánica o tractor, concretera o mixer, nivel, amoladora, soldadora eléctrica.

Herramientas: pala, pico, carretilla.

4.2.1.1.2. *Especificaciones técnicas*

- Material pétreo: este material está compuesto de piedra y arena que deben colocarse en una capa de al menos 0,35 m. Debe ser compactada y nivelada.
- Malla electrosoldada: se debe utilizar malla electrosoldada de 0,15 x 0,15 m y diámetro 0,01 m, misma que debe ser conformada para que tenga la forma de la base circular del secador, y será colocada a una altura de 0,08 m del suelo.
- Hormigón: la resistencia del hormigón implementado en el piso debe ser de 140 kg/cm², la capa de hormigón es de 0,15 m, debe tener la adecuada nivelación y cumplir los tiempos de fraguado. La mezcla utiliza una dosificación de 1:3:3 acorde a los estándares establecidos.

4.2.1.1.3. *Procedimiento de construcción*

- a. La adquisición y preparación del material necesario para la construcción del piso, está a cargo de la persona responsable de realizar la obra civil, misma

que debe verificar su buen estado, calidad, cantidad suficiente y el almacenamiento adecuado.

El equipo, maquinaria y herramienta deben ser propios o alquilados de acuerdo a las necesidades que se requieren en la construcción del secador.

- b.** Se realiza el desbroce y limpieza del área de terreno dónde se instala el secador de granos.
- c.** Se procede a mejorar la resistencia del terreno con material de mejoramiento, mismo que debe ser compactado con el uso del apisonador, dicho material debe ser colocado en una capa de por lo menos 0,35 m.
- d.** Delimitada el área donde se coloca el piso del secador mediante el uso del encofrado de las paredes, se procede a ubicar la malla electrosoldada a 0,08 m de altura del piso. La malla electrosoldada es cortada con la amoladora siguiendo el contorno circular del secador, y soldada hasta formar una sola estructura.
- e.** Fijada adecuadamente la malla electrosoldada se procede a verter la mezcla de hormigón, que es pre-mezclada en una concretera o en un mixer con las cantidades de material que permitan alcanzar la resistencia de diseño. Durante la elaboración del hormigón, las cantidades de material y pesos (cemento, ripio, arena y agua) deben estar en proporciones exactas a los indicados en la dosificación de la mezcla de hormigón con una tolerancia de +/- 2%, los agregados finos y gruesos serán corregidos en base a la cantidad de agua contenido en ellos.
- f.** La masa de hormigón, colocada se nivela y alisa mediante el uso de codal y nivel.
- g.** Debe tomarse todas las precauciones para garantizar la estabilidad de los elementos estructurales durante su construcción y el tiempo de fraguado que debe ser de 3 a 4 días según las condiciones ambientales y acelerantes empleados.

4.2.1.1.4. Medición, unidad y verificación

La medición del piso se hace en metros cuadrados en el rubro de desbroce y malla electrosoldada, en metros cúbicos para el caso del hormigón y del material de mejoramiento.

La verificación de la resistencia del hormigón se comprueba a través de cilindros de muestra en un laboratorio calificado. La nivelación verifica el fiscalizador y/o residente de obra según corresponda.

4.2.1.2. Pared circular

La pared circular del secador es la base que limita toda la estructura del equipo, su función es actuar como elemento estructural de base ya que soporta las planchas baroladas con sus perfiles y está en contacto directo con el piso, además aloja la masa de grano de maíz durante todo el proceso de secado.

Al interior de las paredes de la base, se coloca una fila circular de ladrillo como refractario y que impida las pérdidas de calor durante el secado.

4.2.1.2.1. *Materiales, herramientas y equipos*

Materiales: correas G 0,1 x 0,05 x 0,015 x 0,003 m, acero de refuerzo, plancha de acero de 0,15 x 0,15 x 0,127 m, ripio, arena, cemento, ladrillo, agua, tablas de encofrado, clavos, alambre, electrodo E6011, cuerda.

Equipos: concretera o mixer, nivel, amoladora, soldadora eléctrica.

Herramientas: pico, pala, carretilla, martillo, serrucho, flexómetro, dobladora de varillas manual.

4.2.1.2.2. *Especificaciones técnicas*

- Excavación: con el uso de pico y pala se excava el sitio donde se ubica el plinto y cimiento de las paredes; profundidad de 0,6 m y 0,5 m de ancho.
- Perfiles estructurales: los parantes son correas tipo G 0,1 x 0,05 x 0,015 x 0,003 m. Se utilizan placas de acero de 0,15 x 0,15 x 0,127 m.
- Acero de Refuerzo: se utiliza acero de refuerzo tipo varilla de diámetro 0,012 m, cuya resistencia es de 4200 kg/cm².

- Soldadura: se emplea electrodo E6011 para unir las varillas, perfiles G y placas de acero, todo bajo el procedimiento de soldadura SMAW.
- Plintos: para los plintos se utiliza hormigón ciclópeo, la altura del plinto es de 0,6 m, con una sección circular de 0,5 m.
- Hormigón ciclópeo: la mezcla utiliza una dosificación de 1:3:6 acorde a los estándares establecidos. El tiempo de fraguado para éste hormigón es de 3 a 4 días. Para realizar la prueba de resistencia se debe esperar 28 días, para comprobar su resistencia de 180 kg/cm².
- Encofrado: se realiza con tableros contrachapados y reforzados con pilotes de madera, unidos con clavos, alambre para garantizar su fijación y forma deseada. Dentro de éste se vierte la mezcla de hormigón.
- Muro circular: se utiliza hormigón estructural de 210 kg/cm², con una altura de 0,6 m y espesor de 0,2 m.
- Hormigón estructural 210 kg/cm²: la mezcla utiliza una dosificación de 1:1,5:2,5 acorde a los estándares establecidos. El tiempo de fraguado para éste hormigón es de 3 a 4 días. Para realizar la prueba de resistencia se debe esperar 28 días, para comprobar su resistencia de 210 kg/cm².
- Pared de ladrillo: se coloca una fila de ladrillos de 25 cm x 12cm x 5cm en la cara interna del muro circular.

4.2.1.2.3. *Procedimiento de construcción*

- a. Adquisición y preparación del material necesario para la construcción de la pared, son de responsabilidad de la persona encargada de realizar la obra civil, y debe verificar su buen estado, calidad, cantidad suficiente y el almacenamiento.

El equipo, maquinaria y herramienta deben ser adquiridos o alquilados de acuerdo a las necesidades que se requieren en la construcción del secador.

- b. La excavación se realiza en forma manual con pico y pala según las medidas de una profundidad de 0,6 m y un ancho de 0,5 m. El material proveniente de

la excavación debe acumularse en un centro de acopio donde posteriormente será transportado a una escombrera.

- c. Una vez excavada la fosa donde se aloja el plinto de las paredes, se colocan 19 parantes correa tipo G equidistantes, los parantes tienen una altura de 1,2 m y son correas tipo G 0,1 x 0,05 x 0,015 x 0,003 m. Se suelda en la parte superior de los parantes una placa de acero de 0,15 x 0,15 x 0,127 m. En la parte inferior se suelda una varilla de 0,5 m de forma transversal para reforzar la base de la estructura. Tal como se muestra en la Figura 4.3.

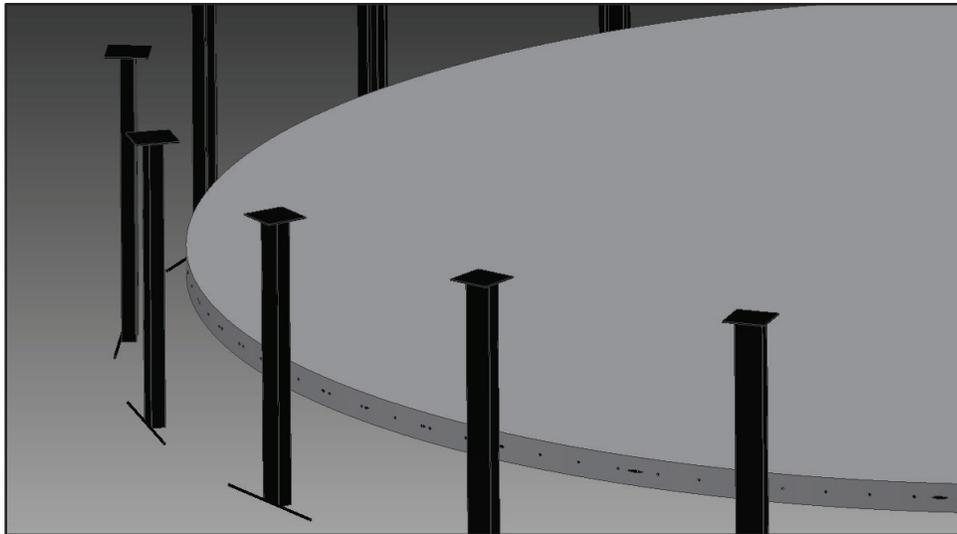


Figura 4.3 Esquema gráfico de la colocación de parantes.

FUENTE: Propia.

Este elemento se encuentra detallado en el plano 1.3296.C101.

- d. Longitudinalmente en toda la circunferencia que forman los parantes, se sueldan tres varillas de 0,012 m a cada lado de forma alternada a 0,15 m de distancia de cada una y de los extremos del perfil G. Véase la Figura 4.4.

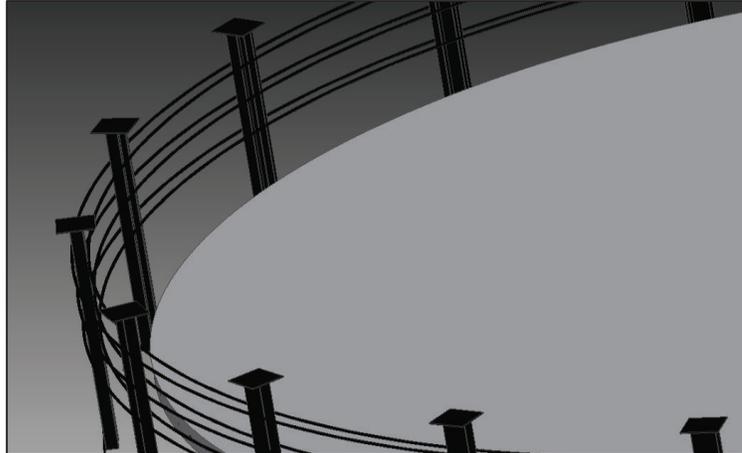


Figura 4.4 Esquema gráfico de la colocación de varillas de refuerzo.

FUENTE: Propia.

- e. Se utiliza soldadura SMAW con electrodo E6011 para unir las varillas, las placas, a los perfiles G.
- f. Se procede a verter la mezcla de hormigón, así como presenta en la Figura 4.5, misma que es pre-mezclada en una concreteira o en un mixer con las cantidades adecuadas de material que permitan obtener la resistencia necesaria. Durante la elaboración del hormigón, las cantidades de material y pesos (cemento, ripio, arena y agua) deben estar en cantidades indicadas en la dosificación de la mezcla de hormigón con una tolerancia de +/- 2%, los agregados finos y gruesos serán corregidos en base a la cantidad de agua contenido en ellos. Como se muestra en la Figura 4.5.

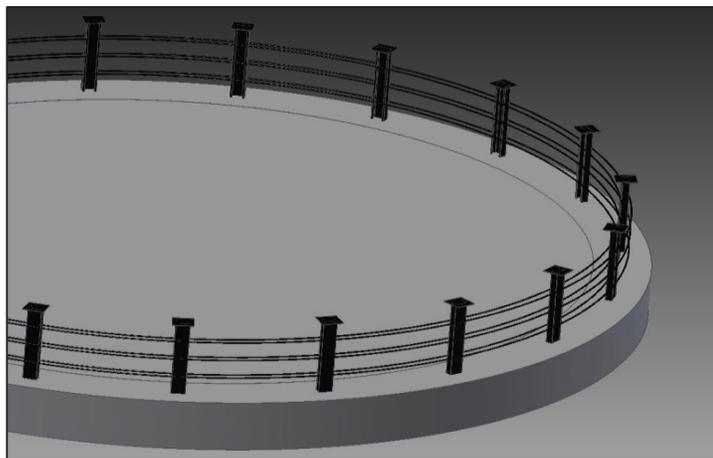


Figura 4.5 Esquema gráfico de la fundición de la base de la pared.

FUENTE: Propia.

- g. Deben observarse todas las precauciones para garantizar la estabilidad de los elementos estructurales durante su construcción y durante el tiempo de fraguado que deberá ser de 3 a 4 días de acuerdo a las condiciones ambientales.
- h. Los tableros contrachapados y los pilotes de madera, deben tener la medida que permitan adquirir la forma circular acorde a las dimensiones y ubicación necesarias. Se unirán con clavos y alambres para que mantengan su forma durante todo el proceso de vaciado del hormigón y el tiempo de fraguado.
- i. Una vez asegurado el encofrado y verificado que no existan desperfectos e impurezas en la superficie, se procede a verter la mezcla de hormigón, véase la Figura 4.6, misma que es pre-mezclada en una concreteira o en un mixer con las adecuadas cantidades de material que permitan alcanzar la resistencia necesaria. Durante la elaboración del hormigón, las cantidades de material y pesos (cemento, ripio, arena y agua) deben estar en cantidades según las indicadas en la dosificación de la mezcla de hormigón con una tolerancia de $\pm 2\%$, los agregados finos y gruesos serán corregidos en base a la cantidad de agua contenido en ellos.

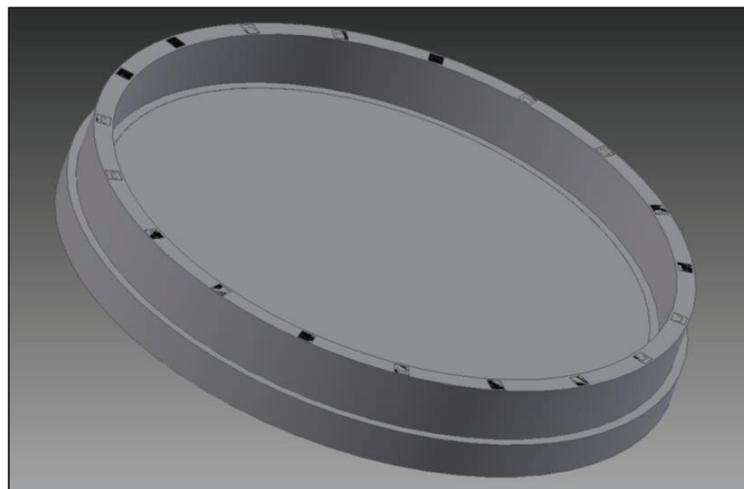


Figura 4.6 Esquema gráfico de la fundición de la pared del secador.

FUENTE: Propia.

- j. Deben observarse todas las precauciones para garantizar la estabilidad de los elementos estructurales durante su construcción y durante el tiempo de

fraguado, se deja fraguar el hormigón durante 3 a 4 días antes de retirar cuidadosamente las tablas de encofrado, ver Figura 4.6.

- k. Luego de retirar las tablas de encofrado se realizan trabajos de alisado para corregir cualquier imperfección originado durante el proceso de construcción.
- l. Terminadas las paredes del secador, se procede a instalar una fila de ladrillo en la pared interior, como se indica en la Figura 4.7, utilizando cemento para unir cada uno de los ladrillos mantenga una disposición uniforme.

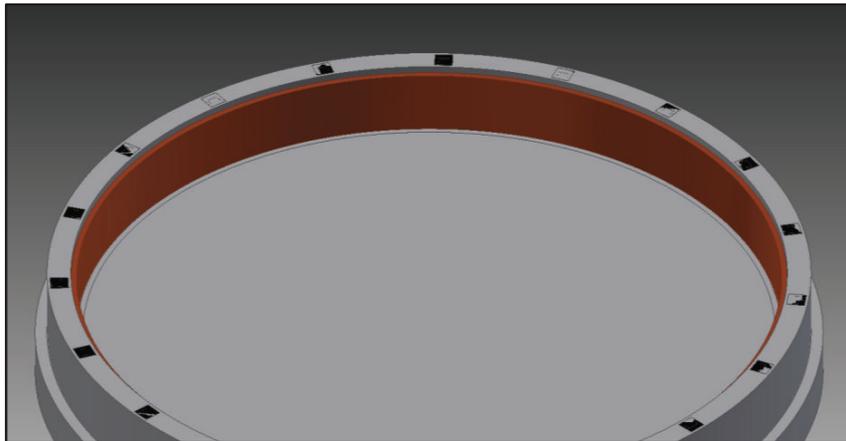


Figura 4.7 Esquema gráfico de la colocación del ladrillo refractario.

FUENTE: Propia.

4.2.1.2.4. *Medición, unidad y verificación*

El material estructural (perfiles, varillas, placas) se mide en kilogramos, el encofrado en metros lineales y el hormigón en metros cúbicos.

La verificación de la resistencia del hormigón debe hacerse por medio de cilindros de muestra en un laboratorio calificado. La nivelación del suelo y de las paredes verifica el fiscalizador o residente de obra según corresponda.

4.2.1.3. **Estructura soporte**

La estructura soporte forma un piso falso que permite la circulación del aire caliente debajo de la masa de grano durante el proceso de secado, además posibilita el montaje de las planchas perforadas y sirve de sostén para toda la carga que genera el maíz y el sistema motriz de los agitadores.

Se debe utilizar una disposición adecuada de los apoyos que van directamente al suelo del secador.

Este elemento se encuentra detallado en el plano 1.3296.C102.

4.2.1.3.1. *Materiales, herramientas y equipos.*

Materiales mínimos: correas G 0,1 x 0,05 x 0,015 x 0,003 m, electrodo E6011, pintura.

Equipos: nivel, amoladora, compresor, soplete, soldadora eléctrica.

Herramientas: flexómetro.

4.2.1.3.2. *Especificaciones técnicas.*

- Perfiles estructurales: correas tipo G 0,1 x 0,05 x 0,015 x 0,003 m.
- Soldadura: electrodo E6011 para unir las varillas, perfiles G y placas de acero, todo bajo el procedimiento de soldadura SMAW.
- Pintura pintura anticorrosiva de color negro.

4.2.1.3.3. *Procedimiento de construcción*

a. La adquisición y preparación del material necesario para la construcción y montaje de la estructura soporte, son responsabilidad de la persona encargada de realizar la obra mecánica y civil, debe verificar su buen estado, calidad, cantidad suficiente y el almacenamiento adecuado.

El equipo, maquinaria y herramienta debe ser propio o alquilados.

b. Se cuantifica los tramos de acero estructural que se necesitan para cumplir con las especificaciones estipuladas en los planos.

c. Se procede a medir y cortar los perfiles tipo G unidos de acuerdo a las medidas que se requieran para formar la estructura. Se presenta un esquema gráfico en la Figura 4.8.

- d. Se proceden a soldar dos correas tipo G, de tal manera que forme un solo cuerpo de sección cuadrada, en el número de elementos que sean necesarios para formar la estructura soporte.
- e. A continuación, se procede a unir por medio de soldadura los elementos para formar la cama soporte, e instalar los apoyos tomando en consideración el diseño del prototipo. Debe limpiarse la escoria propia de la soldadura con amoladora.

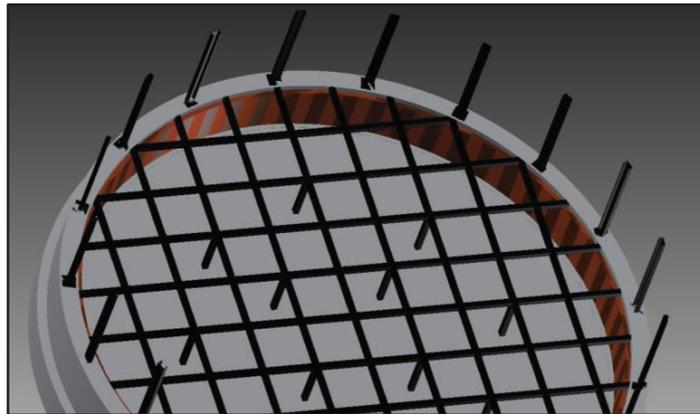


Figura 4.8 Esquema gráfico de la colocación de la estructura soporte.

FUENTE: Propia.

- f. Por medio de secciones de varilla se unen extremos de la estructura con los parantes de las paredes, para fijarlos e impedir su movimiento cuando el secador se encuentre en operación.
- g. Instalada la estructura soporte se procede a colocar una capa de pintura anticorrosiva negra por medio del soplete.

4.2.1.3.4. *Medición, unidad y verificación*

El material estructural (perfiles, varillas) se mide en kilogramos.

La verificación de la ubicación de los apoyos o soportes de la estructura está a cargo del Fiscalizador y/o Residente de la obra.

4.2.1.4. Planchas baroladas

Las planchas baroladas que forman la pared de la cámara del secador con el objeto de contener la masa de grano; se sujetan por medio de soldadura se unen una con otra hasta formar la circunferencia completa. A continuación, se procede a soldarlas a los parantes verticales con lo que quedarán fijadas definitivamente a la estructura. Concluido el montaje se procede a pintar la superficie con pintura anticorrosiva que sea apta para estar en contacto con productos para consumo humano.

4.2.1.4.1. *Materiales, herramientas y equipos*

Materiales mínimos: planchas baroladas de acero A-36 de 0,003 m de espesor, electrodo E6011, pintura anticorrosiva.

Equipos: soldadora eléctrica, amoladora, compresor, soplete.

Herramientas: flexómetro.

4.2.1.4.2. *Especificaciones técnicas*

- Planchas baroladas: planchas de acero A-36 de 0,003 m de espesor, previamente baroladas con un ángulo de incidencia de 15° para formar la cámara de secado.
- Soldadura: electrodo E6011 para unir las planchas baroladas entre sí y los parantes con las planchas baroladas de acero, todo bajo el procedimiento de soldadura SMAW.
- Pintura: pintura anticorrosiva que sea apta para estar en contacto con alimentos de consumo humano, de color gris.

4.2.1.4.3. *Procedimiento de construcción*

- a. La adquisición y preparación de todo el material necesario para la construcción y montaje de las planchas baroladas, son de responsabilidad de

la persona encargada de realizar la obra mecánica y civil. Debe verificar su buen estado, calidad, cantidad suficiente y el almacenamiento adecuado.

El equipo, maquinaria y herramienta deben ser propios o alquilados.

- b. Se colocan las secciones de plancha barolada de forma que se las pueda unir mediante proceso de soldadura SMAW, con una fijación permanente de las planchas que forman la cámara de secado. Conforme avanza la colocación de las planchas se debe ir soldando en puntos dispersos entre los parantes y las planchas mediante soldadura SMAW. Los procesos de soldadura deben realizarse con electrodo E6011.
- c. Una vez se tenga instalada toda la estructura de las planchas baroladas, como se muestra en la Figura 4.9, se procede a realizar los cordones de soldadura definitivos, al terminar el proceso de soldadura se debe realizar la limpieza de escoria mediante cepillo metálico o amoladora.

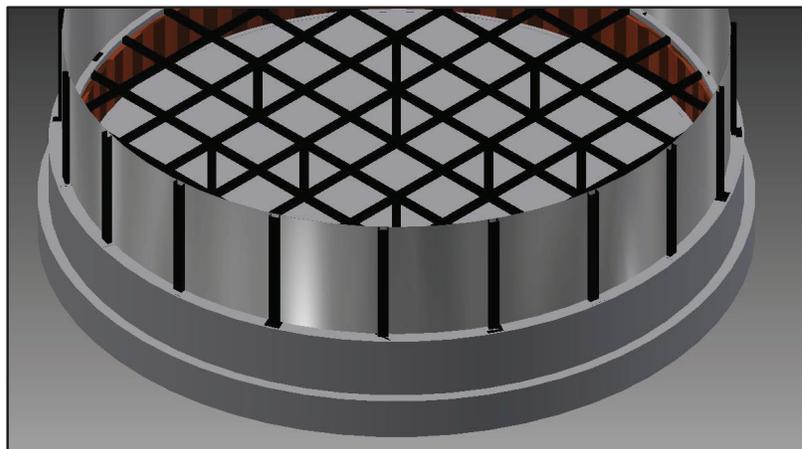


Figura 4.9 Esquema gráfico de la plancha barolada instalada.

FUENTE: Propia.

- d. Finalmente, el proceso de construcción y montaje de las paredes de planchas baroladas, se pinta la cara externa e interna de las planchas con dos capas de pintura anticorrosiva gris para proteger el material y principalmente a los granos de maíz.

4.2.1.4.4. *Medición, unidad y verificación*

La unidad de medición de las planchas de acero es en kilogramos (Kg).

La inspección visual de la obra permite verificar la unión correcta de las planchas baroladas después del proceso de soldadura, evitando en lo posible el chisporroteo e inclusiones de escoria a lo largo de todo el proceso, para garantizar una soldadura sana.

4.2.1.5. Planchas perforadas

Las planchas perforadas tienen la función de formar el piso con el objeto de soportar el peso de la masa del grano, así como también de permitir el paso de aire caliente a través de las perforaciones con el fin de que éste llegue uniformemente a los granos durante el proceso de secado.

4.2.1.5.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: planchas perforadas de acero A-36 de 0,003 m de espesor, electrodo E6011, pintura anticorrosiva.

Equipos: soldadora eléctrica, amoladora, compresor, soplete, remachadora.

Herramientas: flexómetro.

4.2.1.5.2. Especificaciones técnicas

- Planchas perforadas: espesor: 0,003 m, diámetro de agujero: 0,003 m, porcentaje de área perforada 23%, dimensiones de la plancha: 1 x 2 m, separación entre centro de los agujeros: 0,006 m.
- Soldadura: se emplea electrodo E6011 para unir la plancha perforada con la estructura soporte del piso y con las planchas entre sí, todo bajo el procedimiento de soldadura SMAW.
- Pintura: se utiliza pintura anticorrosiva que sea apta para estar en contacto con alimentos de consumo humano, de color gris.

4.2.1.5.3. Procedimiento de construcción

- a. La adquisición y preparación de todo el material necesario para la construcción y montaje de las planchas perforadas, son de responsabilidad de la persona encargada de realizar la obra mecánica y civil, debe verificar su buen estado, calidad, cantidad suficiente y el almacenamiento adecuado. El equipo, maquinaria y herramienta deben ser propios o alquilados de acuerdo a las posibilidades del constructor.
- b. Se procede con la medición de los cortes que sean necesarios realizar con el fin de que se tengas todas las piezas para el montaje acorde a las dimensiones establecidas en los planos.
- c. Una vez se tengan contabilizadas las piezas completas y los cortes respectivos se procede al montaje de las planchas perforadas mediante proceso de soldadura entre sí para su fijación y montaje, al terminar el proceso de soldadura se debe realizar la limpieza de escoria.
- d. Terminado el proceso de montaje de las planchas perforadas, como se indica en la Figura 4.10, se pinta la cara que va a tener contacto con la masa de maíz con dos capas de pintura anticorrosiva gris para proteger el material y principalmente que los granos de maíz.

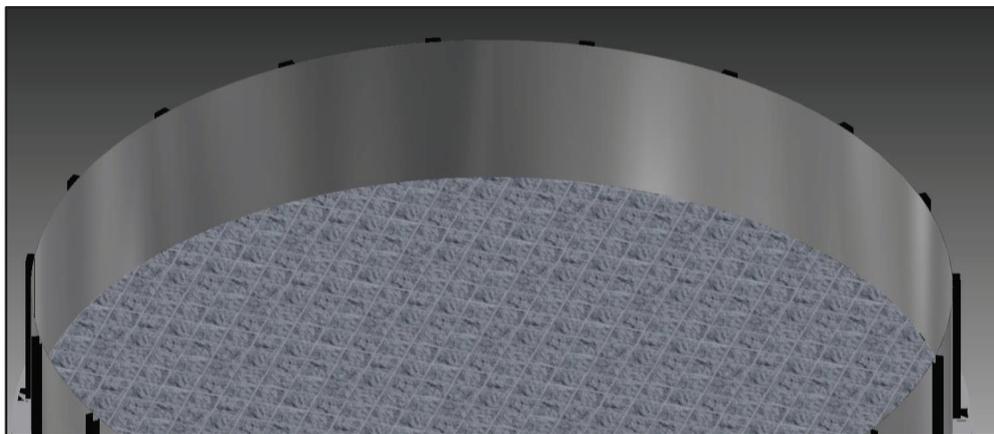


Figura 4.10 Esquema gráfico de la plancha perforada ya instalada.

FUENTE: Propia.

4.2.1.5.4. Medición, unidad y verificación

Las planchas de acero se miden en kilogramos (Kg).

Se realiza una inspección visual de la obra para verificar la unión correcta de las planchas perforadas después del proceso de soldadura.

4.2.2. COLUMNAS SOPORTE DEL SISTEMA MOTRIZ

Las columnas soporte del sistema motriz constituyen son el elemento estructural que sostienen a las vigas donde se instalarán los motores - reductores que dan movimiento al sistema de agitación de grano. Básicamente, la columna soporte está constituida por el plinto (A) y columna con ménsula (B). Véase Figura 4.11.

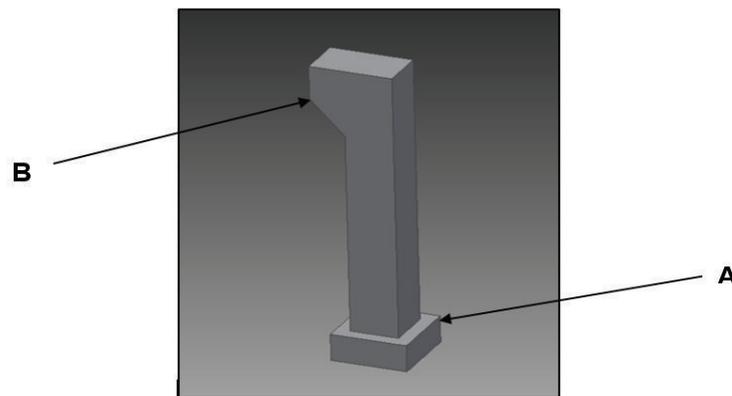


Figura 4.11 Columnas soporte del sistema motriz.

FUENTE: Propia.

Este elemento se encuentra detallado en el plano 1.3296.CM201.

4.2.2.1. Plinto

El plinto sirve de soporte y se encuentra en contacto directo con el piso. Tiene un área mayor que la columna a fin de que resista las cargas laterales a la que pueda ser sometida la columna, dándole estabilidad a la estructura.

4.2.2.1.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: acero de refuerzo, ripio, arena, cemento, agua, tablas de encofrado, clavos, alambre, cuerda.

Equipos: concretera o mixer, nivel, amoladora.

Herramientas: pico, pala, carretilla, martillo, serrucho, flexómetro, dobladora de varillas manual.

4.2.2.1.2. *Especificaciones técnicas*

- Plintos: para los plintos se utiliza hormigón, la altura del plinto es de 0,2 m, con una sección cuadrada de 0,55 m².
- Excavación: se excava el sitio donde se ubicará el plinto y cimiento de la columna, la profundidad de excavación es de 0,2 m por 0,55 m de sección.
- Acero de Refuerzo: se utiliza acero de refuerzo tipo varilla de diámetro 0,012 m; cuya resistencia es de 4200kg/cm².
- Hormigón ciclópeo: la mezcla utiliza una dosificación de 1:3:6 acorde a los estándares establecidos. El tiempo de fraguado para éste hormigón es de 3 a 4 días. Para realizar la prueba de resistencia se debe esperar 28 días, para comprobar su resistencia de 180 kg/cm².
- Encofrado: se realiza con tableros contrachapados y reforzados con pilotes de madera, unidos con clavos, alambre para garantizar su fijación y forma deseada.

4.2.2.1.3. *Procedimiento de construcción*

- a. La adquisición y preparación de todo el material necesario para la construcción de los plintos, son de responsabilidad de la persona encargada de realizar la obra civil, misma que deberá verificar su buen estado, calidad, cantidad suficiente y el almacenamiento adecuado.
El equipo, maquinaria y herramienta deben ser adquiridos o alquilados de acuerdo a las necesidades que se requieren en la construcción.
- b. Se realiza la excavación manual acorde a las medidas necesarias para obtener una profundidad de 0,2 m y una sección de 0,55 m; el transporte del

material producto de la excavación se realiza hacia un centro de acopio donde posteriormente se transporta a la escombrera.

- c. Realizar los trabajos de compactación del suelo a fin de que esté uniforme y tenga la resistencia que soporte el peso de la estructura.
- d. Se procede a cortar los tableros contrachapados y los pilotes de madera, tal que permitan adquirir la forma acorde a las dimensiones y ubicación necesarias, se unen con clavos y alambres tal que mantengan su forma durante todo el proceso de vaciado de la masa de hormigón y el tiempo de fraguado.
- e. Se procede a realizar el armado de acero de la base con 6 varillas de 0,012 m de diámetro en la parte longitudinal y de 0,016 m en la parte transversal cada 0,2 m a lo largo del plinto. Se deben dejar varillas verticales en el centro de la base para soldar a las varilla de la columna.
- f. Se procede a verter la mezcla de hormigón, misma que es pre-mezclada en una concretera o en un mixer con las cantidades de material que permitan alcanzar la resistencia necesaria. Durante la elaboración del hormigón, las cantidades de material y pesos (cemento, ripio, arena y agua) deben estar en cantidades exactas a los indicados en la dosificación de la mezcla de hormigón con una tolerancia de +/- 2%, los agregados finos y gruesos serán corregidos en base a la cantidad de agua contenido en ellos.
- g. Tomar en cuenta todas las precauciones para garantizar la estabilidad de los elementos estructurales durante su construcción y el tiempo de fraguado; se deja fraguar el hormigón durante 3 a 4 días.

4.2.2.1.4. Medición, unidad y verificación

La medición del plinto se hace en metros cuadrados para el caso del hormigón y en kilogramos para el acero estructural.

La verificación de la resistencia del hormigón se debe hacer a través de cilindros de muestra en un laboratorio calificado. La nivelación del suelo se verificará por el fiscalizador o residente de obra.

4.2.2.2. Columna con ménsula

La columna es el elemento estructural que tiene la altura necesaria para ubicar las vigas donde se instalan los motores - reductores, su parte superior se debe construir una ménsula para que exista una superficie mayor donde se aloje la viga del sistema motriz.

4.2.2.2.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: acero de refuerzo, ripio, arena, cemento, agua, tablas de encofrado, clavos, alambre, cuerda, placa de acero de 0,48 x 0,23 x 0,127 m, electrodo E6011.

Equipos: concretera o mixer, nivel, amoladora, taladro, soldadora.

Herramientas: pico, pala, carretilla, martillo, serrucho, flexómetro, dobladora de varillas manual.

4.2.2.2.2. Especificaciones técnicas

- Hormigón estructural 210 kg/cm²: la mezcla utiliza una dosificación de 1:1,5:2,5 acorde a los estándares establecidos. El tiempo de fraguado es de 3 a 4 días. Para realizar la prueba de resistencia se debe esperar 28 días, para comprobar su resistencia de 210 kg/cm².
- Acero de Refuerzo: se utiliza acero de refuerzo tipo varilla de diámetro 0,012 m, cuya resistencia es de 4200kg/cm².
- Encofrado: se realiza con tableros contrachapados y reforzados con pilotes de madera, unidos con clavos, alambre para garantizar su fijación y forma deseada.
- Soldadura: se emplea electrodo E6011 para unir las varillas con las placas de acero, todo bajo el procedimiento de soldadura SMAW.
- Placa de acero: acero A-36 de dimensiones 0,48 x 0,23 x 0,127 m.

4.2.2.2.3. *Procedimiento de construcción*

- a.** La adquisición y preparación de todo el material necesario para la construcción de las columnas con ménsula, son de responsabilidad de la persona encargada de realizar la obra civil, misma que debe verificar su buen estado, calidad, cantidad suficiente y el almacenamiento adecuado.

El equipo, maquinaria y herramienta deben ser propios o alquilados de acuerdo a las posibilidades del constructor.
- b.** Se procede a realizar el armado de acero de la base con varilla de 0,01 m de diámetro, cada 0,1 m en el alto de la columna de forma transversal y con 8 varillas longitudinales de 0,016 m de diámetro. Se realiza el armado de la ménsula acorde a las especificaciones establecidas en los planos. Se debe considerar dejar una distancia de al menos 0,05 m de las varillas verticales en la parte superior para soldar la placa y las vigas soporte del motorreductor.
- c.** Se realizan los agujeros correspondientes en las placas de acero, se coloca la placa de acero en la parte superior de la ménsula, y se traspasan las varillas que quedaron sobresalidas del nivel de la placa a fin de que embonen correctamente alineadas y se la suelda a las varillas con electrodo E6011.
- d.** Se cortan los tableros contrachapados y los pilotes de madera, tal que permitan adquirir la forma acorde a las dimensiones y ubicación necesarias, se unirán con clavos y alambres para que no se deforme durante todo el proceso de vaciado de la masa de hormigón y el tiempo de fraguado.
- e.** Se procede a verter la mezcla de hormigón, misma que es pre-mezclada en una concretera o en un mixer con las adecuadas cantidades de material que permitan alcanzar la resistencia necesaria. Durante la elaboración del hormigón, las cantidades de material y pesos (cemento, ripio, arena y agua) deben estar en cantidades exactas a los indicados en la dosificación de la mezcla de hormigón con una tolerancia de +/- 2%, los agregados finos y gruesos serán corregidos en base a la cantidad de agua contenido en ellos.
- f.** Se deben tomar en cuenta todas las precauciones para garantizar la estabilidad de los elementos estructurales durante su construcción y durante el tiempo de fraguado, se dejará fraguar el hormigón durante 3 a 4 días.

4.2.2.2.4. Medición, unidad y verificación

La medición de la columna con ménsula se hace en metros cuadrados para el caso del hormigón y en kilogramos para el acero estructural.

La verificación de la resistencia del hormigón a través de cilindros de muestra en un laboratorio calificado. La nivelación del suelo se verificará por el fiscalizador o residente de obra.

4.2.3. SISTEMA DE DESCARGA

El sistema de descarga del secador, que se presenta en la Figura 4.12, permite la evacuación de la masa de grano luego del proceso de secado. La mayoría del grano se retira del secador mediante el uso de un transportador de tornillo y el remanente se debe remover manualmente a través de la compuerta lateral. El sistema consiste de un transportador de tornillo sinfín (A) y de una compuerta en la parte lateral del secador (B).

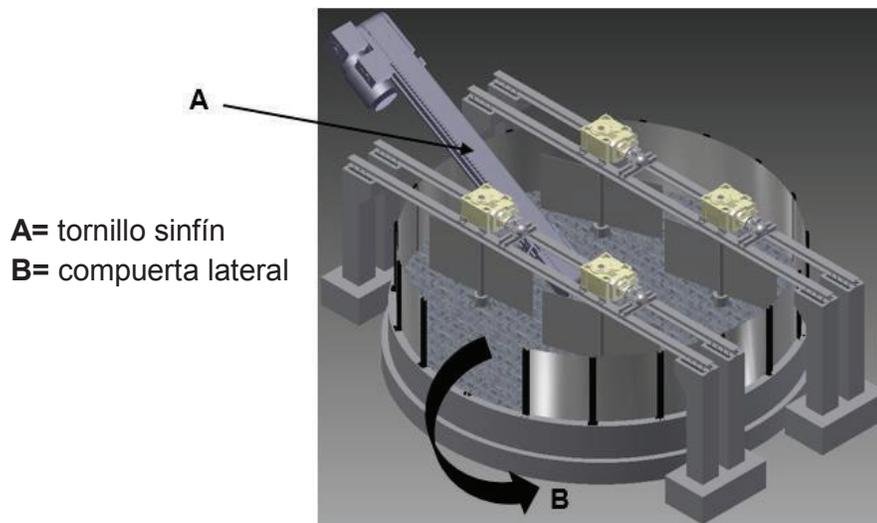


Figura 4.12 Sistema de descarga.

FUENTE: Propia.

4.2.3.1. Transportador de tornillo sinfín

El transportador de tornillo es un equipo independiente y complementario al secador de granos; el principio de funcionamiento es por medio del arrastre con las aspas hasta el extremo de descarga del transportador para posteriormente

caer libremente en un contenedor para su almacenaje, envasado y comercialización.

4.2.3.1.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: la instalación de potencia eléctrica necesaria para operar los motores del transportador.

Equipos: transportador de tornillo sinfín (tornillo de Arquímedes o comúnmente conocido como bazuca).

Herramientas: N/A

4.2.3.1.2. Especificaciones técnicas

Material a transportar: maíz

Velocidad de transporte de grano: $42 \text{ m}^3/\text{h} = 31.5 \text{ ton/h}$

Paso del tornillo: 0,25 m

Diámetro del tornillo: 0,25 m

Material del eje y tornillo: acero anti desgaste, de preferencia inoxidable o tratado térmicamente con pasivación.

Dimensión mínima de la sección de la carcasa: 0,27 x 0,27 m.

Potencia del motor: 2HP.

Longitud del transportador: 6 m

Tipo de soporte del transportador: tipo trípode móvil, montado en eje y ruedas.

Tipo de conexión eléctrica: 220V, alterna.

Equipos adicionales: pala mecánica (BobCat) para el desalojo de material remanente en la cámara del secador, herramientas menores manuales.

4.2.3.1.3. Procedimiento de operación

- a. Colocar la tolva o entrada del transportador de tornillo sinfín dentro del secador sumergida en la masa de grano.
- b. Fijada la posición de alimentación de la tolva, se procede a colocar los contenedores para la descarga de la masa de grano.

- c. Conectar a la red eléctrica al transportador.
- d. Operar el transportador procurando que se esté moviendo adecuadamente los granos a través de la hélice.
- e. Se desaloja la masa de grano con el transportador sólo hasta que las condiciones lo permitan. El remanente de grano debe ser desalojado manualmente.
- f. Se deben tomar en cuenta todas las precauciones para garantizar la seguridad del operador y el correcto funcionamiento del transportador.

4.2.3.1.4. Medición, unidad y verificación

La medición del transportador es por unidad.

La verificación de las especificaciones, buen funcionamiento y calidad del transportador de tornillo sinfín es responsabilidad del encargado de adquisiciones o residente de obra.

4.2.3.2. Compuerta en la parte lateral del secador

Se tiene una compuerta en la parte lateral del secador para que permita la descarga de la masa de grano que no pueda ser evacuada con el transportador de tornillo sinfín. Adicionalmente, sirve como acceso para mantenimiento y limpieza del secador.

4.2.3.2.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: planchas baroladas, bisagras, perfiles cuadrados, cerradura, electrodo E6011.

Equipos: soldadora, amoladora.

Herramientas: flexómetro.

4.2.3.2.2. Especificaciones técnicas

- Compuerta: 1,2 m de altura y 2 m de ancho.

- Planchas baroladas: planchas de acero A-36 de 0,003 m de espesor.
- Cerradura: se debe utilizar una cerradura para seguridad de la compuerta, pero que a su vez sea fácil de abrir y cerrar.
- Perfiles cuadrados: perfiles de acero, tipo cuadrado de 0,05 x 0,05 x 0,003 m.

4.2.3.2.3. Procedimiento de construcción

- a. Durante el montaje de las planchas baroladas en las paredes del secador, se debe dejar el espacio correspondiente para la colocación de la compuerta
- b. Se utilizará un refuerzo con perfiles cuadrados de 0,05 x 0,05 m para formar el marco de la compuerta.
- c. Sobre el marco se sueldan las planchas baroladas, con el procedimiento SMAW y electrodo E6011.
- d. Se suelda la bisagra correspondiente tanto en la compuerta como en el marco de la pared del secador.
- e. Se instala la cerradura en la compuerta y en la pared del secador, mediante el uso de soldadura o pernos de fijación.
- f. Se procede al montaje de la compuerta.

4.2.3.2.4. Medición, unidad y verificación

La medición de la compuerta se hace por unidad.

La verificación de la calidad de materiales e instalaciones y cumplimiento de las especificaciones técnicas se debe hacer a través de la inspección del fiscalizador o residente de obra.

4.3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE MOVIMIENTO DE GRANO

El sistema de agitación de grano permite mover la masa que está en proceso de secado, a fin de que el aire caliente que circula debajo del piso del secador pueda alcanzar uniformemente a todo el maíz, para aumentar la eficiencia del proceso y

reducir el tiempo de secado. En el rediseño se opta por utilizar dos agitadores compuestos por un eje central y acoplados a una plancha cuadrada accionados por un motor - reductor que está soportado en una viga apoyada en las columnas soporte. Los componentes del sistema de movimiento del grano según el esquema de la Figura 4.13 son:

- a. Viga soporte.
- b. Base con rodamiento.
- c. Eje con paletas
- d. Motorreductor.

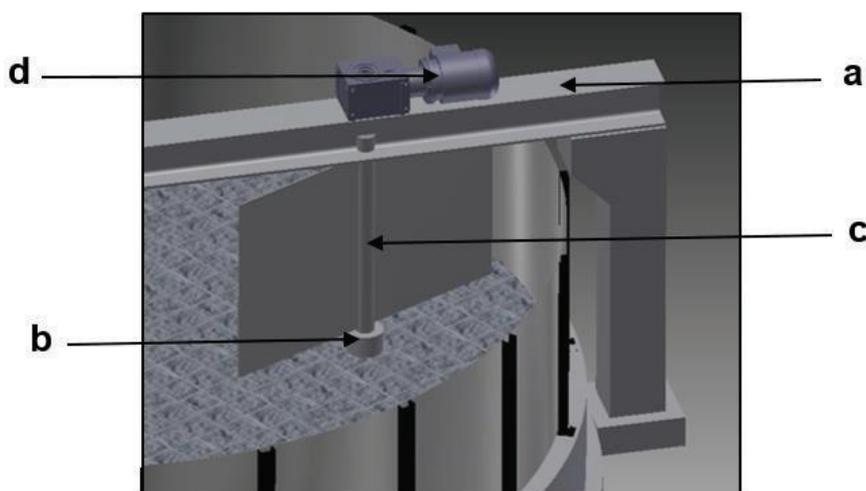


Figura 4.13 Sistema de agitación del grano.

FUENTE: Propia.

4.3.1. VIGA SOPORTE

Se utiliza una viga tipo IPE apoyada en las columnas soporte de hormigón, sobre la viga se instalan los motores - reductores que darán movimiento al eje central. La viga brinda seguridad y estabilidad al sistema.

Este elemento se encuentra detallado en los planos 1.3296.CM202 y 1.3296.CM203.

4.3.1.1. Viga tipo IPE

El perfil IPE tiene una sección transversal de doble T, sus caras exteriores e interiores de las alas son paralelas entre sí y perpendiculares al alma, lo cual permite tener un espesor uniforme.

4.3.1.1.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: perfil IPE 140 de acero A-36, pintura anticorrosiva, electrodo E6011, tuercas y pernos.

Equipos: soldadora, 2 tecles de 2 Ton de capacidad, torquímetro, taladro, amoladora, compresor y soplete.

Herramientas: nivel, flexómetro.

4.3.1.1.2. Especificaciones técnicas

- Perfil IPE 140: especificaciones de acuerdo al catálogo (Anexo 4)
- Soldadura: se emplea electrodo E6011 para unir las varillas con las placas de acero, todo bajo el procedimiento de soldadura SMAW.
- Tuercas y pernos de anclaje: M16x2mm

4.3.1.1.3. Procedimiento de montaje

- a. Se procede a realizar las perforaciones en las alas de la viga IPE que permitirán colocar los agujeros exactamente en los pernos de anclaje, así como también las perforaciones correspondientes para la instalación de los motorreductores de acuerdo a las medidas de los planos de diseño.
- b. Se colocan los tecles a la altura de las columnas soporte con su debida fijación y medidas de seguridad.
- c. Se utilizan cadenas o fajas para sujetar la viga IPE e izarla con los tecles hasta sobrepasar ligeramente la altura de la columna soporte.

- d. Verificar que los pernos de anclaje se acoplen adecuadamente a los alojamientos de la viga IPE, para posteriormente proceder con el montaje en la columna soporte.
- e. Proceder a la nivelación de las vigas IPE, mediante la utilización del nivel y utilizar “alzas” de ser necesario hasta que quede perfectamente nivelada la instalación.
- f. Se coloca las arandelas, tuercas y contratuercas correspondientes, verificando su ajuste con el torquímetro.
- g. Una vez quede totalmente fija la viga IPE a la columna soporte, se procede a realizar la soldadura tipo filete entre las alas de la viga y la placa superior montada en la columna. Se utiliza electrodo E6011 y una soldadora eléctrica.
- h. Se realiza la limpieza de la soldadura con la amoladora, para posteriormente proceder a pintar la superficie de la viga, y placa con pintura anticorrosiva.
- i. Se debe tomar en consideración que éste procedimiento se realiza en ambos extremos de la viga.

4.3.1.1.4. Medición, unidad y verificación

La medición de la viga IPE es por kilogramo.

La verificación de las especificaciones, calidad de materiales es responsabilidad del encargado de adquisiciones y/o residente de obra.

4.3.2. BASE CON RODAMIENTOS

La base con rodamiento, como se indica en la Figura 4.14, está compuesta por una carcasa circular soportada en la estructura de la base del secador, tiene la función de alojar los rodamientos, se utiliza el rodamiento FAG 51120 de tipo axial de bolas con simple hilera para soportar toda la carga del eje con las paletas y el FAG 6024 2ZR de tipo radial de bolas con sello hermético, que tiene la capacidad de soportar las cargas laterales que eventualmente puedan producirse.

Con la combinación de estos dos rodamientos y la disposición de los mismos dentro de la base, se obtienen las condiciones de trabajo adecuadas para

soportar las cargas en todos los sentidos, se brinda seguridad y confiabilidad de funcionamiento.

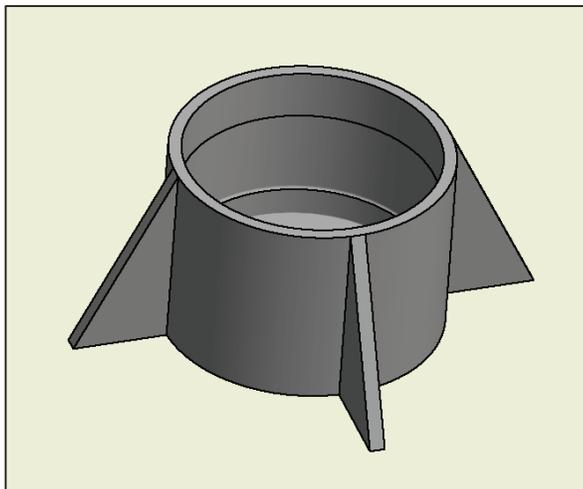


Figura 4.14 Esquema gráfico de la base del rodamiento.

FUENTE: Propia.

Este elemento se encuentra detallado en el plano 1.3296.CM301.

4.3.2.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: tubo de fundición gris clase 40, pintura anticorrosiva, electrodo E6011, pletinas de apoyo, rodamiento FAG 51120 y FAG 6024 2ZR.

Equipos: soldadora, amoladora, compresor y soplete.

Herramientas: nivel, flexómetro, cepillo metálico, calibrador pie de rey.

4.3.2.2. Especificaciones técnicas

- Tubo de fundición gris clase 40: se debe fabricar de acuerdo a las dimensiones establecidas en los planos, tanto el tubo como las pletinas.
- Soldadura: se emplea electrodo E6011 para unir los tubos con las pletinas de apoyo, y con la estructura del secador.
- Rodamientos FAG: de acuerdo a las especificaciones del catálogo del fabricante (Anexo 3).

4.3.2.3. Procedimiento de montaje

- a. Verificar los centros de los ejes dentro del secador y colocar marcas visibles que permitan el adecuado montaje de la base.
- b. Se instala la base tubular en los centros marcados anteriormente dentro de la estructura del secador, y se procede a fijarlas con puntos de soldadura.
- c. Se procede a colocar las pletinas de apoyo de acuerdo a las medidas establecidas en los planos, se realiza la unión al tubo mediante cordones de soldadura.
- d. Fijadas las pletinas de apoyo se procede a realizar la soldadura tipo filete entre la base tubular y la estructura del secador. Se utiliza electrodo E6011.
- e. Se realiza la limpieza de la soldadura con amoladora, para posteriormente proceder a pintar la superficie de las pletinas y base tubular con pintura anticorrosiva.
- f. Luego de pasado el tiempo necesario para el secado de la pintura se procede a instalar los rodamientos, primero se coloca el rodamiento FAG 51120 o su equivalente, mismo que se monta en la parte inferior de la base; una vez se lo haya alineado y fijado en su alojamiento se procede a instalar el segundo rodamiento FAG 6024 2ZR o su equivalente, en la posición correspondiente de acuerdo al diseño realizado anteriormente.
- g. El proceso antes indicado se realiza de la misma manera en las cuatro bases.

4.3.2.4. Medición, unidad y verificación

La medición del tubo y pletinas es por kilogramo.

La medición de rodamientos es por unidad.

La verificación de las especificaciones, calidad de los materiales es responsabilidad del encargado de adquisiciones y/o residente de obra.

4.3.3. EJE CON PALETAS

El eje con paletas es accionada por el motor - reductor que permite el movimiento de la masa de grano, debido a la fuerza ejercida por las superficies de contacto sobre el maíz.

Consta de un eje central, como se muestra en la Figura 4.15, soportado en una base con rodamientos que resisten cargas axiales y radiales. Se suelda al eje central dos planchas de acero a cada lado en forma de aletas, cuya función es agitar el grano dentro del secador para facilitar el proceso de secado. La parte superior del eje se acopla al motor - reductor que actúa como motriz del sistema.

Este elemento se encuentra detallado en los planos 1.3296.CM303 y 1.3296.CM304

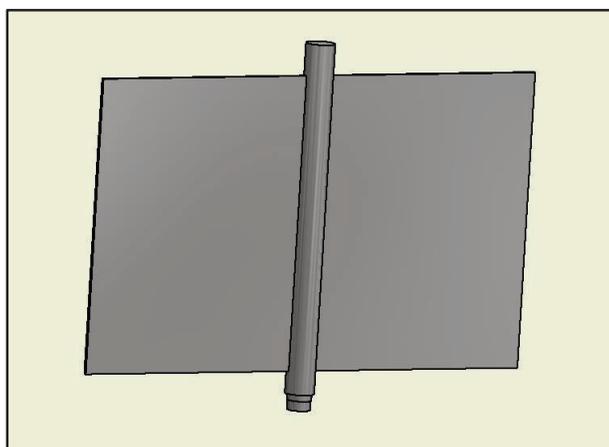


Figura 4.15 Esquema gráfico del eje con paletas.

FUENTE: Propia.

4.3.3.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: eje de acero Böehler V155 o su equivalente, planchas de acero A-36, pintura anticorrosiva, electrodo Böehler UTP63 o su equivalente.

Equipos: soldadora eléctrica, tecla de 2 Ton mínimo, amoladora, compresor y soplete.

Herramientas: flexómetro y nivel.

4.3.3.2. Especificaciones técnicas

- Eje: acero Böhler V155 o su equivalente.
- Planchas: acero Böhler Chronit 400 o similar.
- Soldadura: se emplea electrodo Böhler UTP63 o su equivalente en el mercado, para unir el eje con las planchas de acero, todo bajo el procedimiento de soldadura SMAW.

4.3.3.3. Procedimiento de montaje

- a. Verificar que estén adecuadamente alineados los rodamientos y la base asentada en el piso del secador.
- b. Se procede a izar el eje utilizando el teclé, se puede emplear una faja o cadenas para este efecto.
- c. Se coloca el eje izado sobre la base con rodamientos y se desciende al equipo con mucho cuidado y lentamente hasta llegar lo más cercano al primer rodamiento.
- d. Una vez entre en contacto con el primer rodamiento se continua con el descenso del eje lentamente, ya que un desalineamiento mínimo podría causar daños en los rodamientos.
- e. Una vez se el eje esté asentado en el rodamiento inferior se procede a verificar que las distancias estén acorde al diseño, si existiese alguna disconformidad en este punto se procede a realizar una verificación del montaje del eje en los rodamientos.
- f. El proceso antes indicado se realiza de la misma forma para los cuatro ejes.

4.3.3.4. Medición, unidad y verificación

La medición del eje y paletas es por kilogramo.

La verificación de las especificaciones, calidad de los materiales es responsabilidad del encargado de adquisiciones y/o residente de obra.

4.3.4. MOTOR - REDUCTOR

El motor - reductor, véase la Figura 4.16, es el equipo utilizado para el accionamiento de los ejes portadores de las paletas agitadoras, son necesarios para transmitir torque y potencia por medio de engranajes. Éste es un equipo normalizado, cuya selección se realiza en el Capítulo 3.



Figura 4.16 Reductor.

FUENTE: Anexo 1.

4.3.4.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: Reductor, chavetas, acoples de acero, pernos, tuercas, arandelas, aceite lubricante, conexiones eléctricas.

Equipos: tecla de 2 Ton mínimo, multímetro, torquímetro y herramienta de ajuste.

Herramientas: nivel, flexómetro, herramientas manuales.

4.3.4.2. Especificaciones técnicas

- Reductor de acuerdo al catálogo del fabricante.
- Chavetas: de acuerdo a las dimensiones establecidas en los planos.
- Aceite lubricante: aceite Mobil Glygoyle 320, Total Carter SY 320 o equivalente.
- Pernos: perno M14x2mm, M24x3mm
- Tuerca: tuerca M14x2mm

- Arandelas: plana M14
- Conexiones eléctricas: acometida 3 fases de 220V, 60Hz, con la potencia necesaria.

4.3.4.3. Procedimiento de montaje

- a. Verificar que el eje esté alineado y soportado.
- b. Se procede a izar los motorreductores con el tecele, empleando una faja.
- c. Se alinea el motor - reductor con el eje, y se procede a montarlo sobre el mismo lentamente.
- d. Se colocan los apoyos de acople para que se asiente el motor - reductor.
- e. Se instalan las chavetas para el acople con el motor - reductor y se procede a realizar los ajustes necesarios de acuerdo al manual de montaje del fabricante.
- f. Se colocan las arandelas, tuercas y pernos correspondientes, verificando su ajuste con el torquímetro.
- g. Posteriormente se procede a montar el motor, se coloca de manera alineada sobre sus bases a fin de que se acople correctamente con el reductor. Se ajustan los pernos correspondientes en cada brida y apoyos.
- h. Se verifica con el multímetro que el voltaje de la red sea el adecuado para realizar la conexión del motor.
- i. El proceso antes indicado se realiza de la misma manera en los cuatro motorreductores.

4.3.4.4. Medición, unidad y verificación

La medición del motor - reductor es por unidad.

La verificación de las especificaciones, calidad de los materiales es responsabilidad del encargado de adquisiciones y/o residente de obra.

4.4. INSTALACIONES AUXILIARES

Las instalaciones auxiliares comprenden los elementos complementarios que son indispensables para el funcionamiento de los equipos que se van a instalar en el secador, son los siguientes:

- a. Tanque de GLP
- b. Acometida eléctrica
- c. Tablero de operación y control.

4.4.1. TANQUE DE GLP

4.4.1.1. Descripción del equipo

Es un tanque cilíndrico de montaje horizontal que abastece de combustible para el accionamiento del quemador, con lo cual se genera el calor necesario para el proceso de secado. El combustible utilizado es el GLP. La instalación existente es suministrada por la empresa Austrogas.

4.4.1.1.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: tanque, bases de soporte, tubería de conducción, válvulas, accesorios y extintor.

Equipos: montacargas, soldadora y herramienta de ajuste.

Herramientas: nivel, flexómetro, herramientas manuales.

4.4.1.1.2. Especificaciones técnicas

- Tanque: tipo cilindro de montaje horizontal, de 4m³ de capacidad.
- Bases soporte: se debe utilizar bases de hormigón, con pernos de anclaje.
- Tubería, válvulas y accesorios: tubería de acero de 0,127 m.

4.4.1.1.3. Procedimiento de montaje

- a. La provisión e instalación del tanque de GLP está a cargo de la empresa Austrogas o la distribuidora de gas local.
- b. Se instala la tubería de conducción de gas desde el tanque de almacenamiento hasta el quemador cumpliendo las normas NFPA o similares.
- c. En necesario proveer de un extintor con la carga y la capacidad a fin de poder afrontar cualquier incidente con el combustible.
- d. Antes de iniciar el funcionamiento se debe comprobar que exista combustible y no existan fugas o fallas en el sistema de abastecimiento de combustible.

4.4.2. ACOMETIDA ELÉCTRICA

4.4.2.1. Descripción del equipo

Se debe disponer de una acometida trifásica de 220V, a 60Hz. El transformador debe tener una potencia instalada de al menos 100kVA. Las características de conductores y equipos de protección eléctrica están acorde a las especificaciones de la empresa distribuidora de energía.

4.4.3. TABLERO DE OPERACIÓN Y CONTROL.

El tablero de control debe ser proporcionado por una empresa o profesional con la suficiente experiencia para tener una operación segura y un control adecuado de la potencia y el sistema de control con sus respectivas protecciones.

4.5. QUEMADOR Y VENTILADOR

El quemador y ventilador conforman el sistema de secado de grano, su función es generar el calor suficiente para eliminar la humedad en el maíz; se genera por medio de la combustión de GLP y por la corriente de aire producida por el ventilador. El aire caliente se conduce hacia la cámara de secado por medio de un ducto para posteriormente entrar en contacto con la masa de grano, los elementos principales son:

- a. Quemador
- b. Ventilador y ducto.

4.5.1. QUEMADOR

4.5.1.1. Descripción de equipo

El quemador opera con GLP y se debe mantener la misma capacidad del prototipo con los respectivos elementos de seguridad.

4.5.1.1.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: Quemador, base del quemador, domo de ladrillo con recubrimiento de plancha metálica, boquilla de entrada de combustible.

Equipos: soldadora, taladro, amoladora, compresor y soplete.

Herramientas: nivel, flexómetro.

4.5.1.1.2. Especificaciones técnicas

- Quemador: cuatro boquillas para salida de la llama, capacidad 600000 Btu/h.
- Base del quemador: se emplea una base de acero A-36 de forma triangular.
- Domo de ladrillo: se debe construir un domo tipo horno de ladrillo, con alma de plancha de acero de 0,002 m de espesor, el cual se utiliza como cámara de combustión.

4.5.1.1.3. Procedimiento de montaje

- a. Se debe construir una estructura en forma de un domo con perfiles estructurales y láminas de acero A-36.
- b. Colocar una pared de ladrillo sobre la estructura, a fin de que sirva como refractario.
- c. Se procede a instalar la base del quemador, se realiza un trípode con plancha de acero A-36 soldado de manera que forme un soporte estable.

- d. Se instala las boquillas del quemador conforme a lo establecido en el manual del equipo.
- e. Se realiza las conexiones de alimentación de GLP, con una tubería de 1/2".
- f. Una vez colocadas todas las partes del quemador se procede a recubrir con una capa de pintura anticorrosiva.

4.5.2. VENTILADOR

4.5.2.1. Descripción de equipo

Ventilador tipo radial que debe generar una corriente de aire caliente desde el quemador hasta la cámara de secado. Debe mantenerse las características térmicas del secador.

4.5.2.1.1. Materiales, herramientas y equipos

Materiales mínimos: ventilador radial, carcasa del ventilador, ducto de aire.

Equipos: soldadora, taladro, amoladora, compresor y soplete.

Herramientas: nivel, flexómetro, herramientas manuales menores.

4.5.2.1.2. Especificaciones técnicas

- Ventilador: caudal de aire de alrededor de 47218 m³/h, y presión de 89 mm c.a.
- Ducto de aire: se emplea un ducto rectangular de lámina de acero con un espesor de acuerdo al prototipo.

4.5.2.1.3. Procedimiento de montaje

- a. Se instala el ducto de conducción de aire desde el ventilador hasta la entrada a la cámara de aire del secador.
- b. Se realiza las conexiones eléctricas del ventilador, y se coloca en sus bases de acuerdo a lo establecido en el manual de montaje del equipo.

4.6. OPERACIÓN DEL SECADOR

1. Acopiar el maíz que posteriormente se va a secar dentro de la cámara, con capacidad máxima de 500 quintales o 22,7 toneladas, se lo coloca sobre el piso encementado de las instalaciones.
2. Comprobar el funcionamiento de las instalaciones eléctricas y en las instalaciones de gas que no exista ninguna fuga a lo largo de las líneas de conducción, hasta el acoplamiento con el quemador.
3. Se precalienta la cámara de secado, por un tiempo prudencial hasta alcanzar la temperatura de alrededor de 50°C midiendo con termocuplas.
4. Transportar con la pala mecánica (BobCat), levantando desde el piso hacia la cámara, hasta el nivel de diseño. Utilizando una herramienta manual con el fin de llenarla uniformemente.
5. Proceder al encendido del sistema de movimiento del maíz cuando sea necesario.
6. El proceso de secado de debe realizar en forma conjunta con los responsables locales midiendo la humedad del maíz y registrar todas las operaciones y tiempos intermedios.
7. Se considera como terminado el proceso de secado, una vez que se llegue al valor de humedad de al menos 13%.
8. Apagar los equipos que estaban en funcionamiento y comprobar su desconexión.
9. Por seguridad introducir la boca del transportador dentro de la masa de maíz seco para posteriormente ser trasladado a lo largo del tornillo sinfín para su despacho en forma ensacada o al granel.
10. Para remover la masa remanente de grano se debe abrir la compuerta a fin de que por este espacio se evacúe manualmente el maíz y se acumule en el piso para ser transportado al contenedor mediante el uso de la pala mecánica.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE COSTOS

5.1. INTRODUCCIÓN

Se realiza un estudio económico del rediseño del secador de granos Proyecto Senescyt TT-08-00001, a fin de tener una base fundamentada que permita su implementación; abarcando los costos de equipamiento, obra estructural y una actualización de los costos de obra civil del prototipo original. Para llevar a cabo este estudio, se consideran los siguientes factores:

- ❖ Valor del rediseño del secador
 - Costo de Materiales.
 - Costo de Equipamiento.
 - Costo de Montaje.
 - Costo de Diseño.
 - Imprevistos.
- ❖ Valor de la Obra civil del secador.
 - Costo de Materiales.
 - Costos de Equipamiento.

5.2. VALOR DEL REDISEÑO DEL SECADOR

En esta sección se indican los costos que han generado las modificaciones efectuadas al diseño original del secador de granos. El rediseño ha sido indispensable para garantizar un mejor funcionamiento del equipo con el sistema de movimiento. Los costos son:

5.2.1. COSTO DE MATERIALES

La adquisición por concepto de materiales necesarios para implementar los cambios realizados al secador de granos, se presentan en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Costos de materiales.

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Hormigón estructural Resistencia = 210 kg/cm ²	m ³	4,4	250,00	1.100,00
Plancha de acero, e =1/2"	kg	95,4	3,00	286,20
Acero de refuerzo Resistencia= 4200 kg/cm ²	kg	400	2,50	1000,00
Vigas HEB - 140	kg	1100	3,00	3.300,00
Vigas IPN - 100	kg	47,4	3,00	142,20
Acero estructural en acoples	kg	49,3	3,00	147,90
Pernos de anclaje M 16 x 200	u	128	1,78	227,84
Arandelas planas M 16	u	128	0,06	7,68
Tuercas M 16 x 2	u	256	0,23	58,88
Pernos M 24 x 3	u	16	3,73	59,68
Pernos M 14 x 2	u	32	0,63	20,16
Arandelas planas M 14	u	64	0,06	3,84
Tuercas M 14 x 2	u	64	0,18	11,52
Pernos M 12 x 1.75	u	80	0,44	35,20
Arandelas planas M 12	u	128	0,06	7,68
Tuercas M 12 x 1.75	u	128	0,14	17,92
Acero V155 en eje	kg	700	6,83	4.782,40
Acero CHRONIT 400 en paletas	kg	800	3,75	3.001,60
Acero estructural en la base del eje	kg	100	3,00	300,00
Rodamiento FAG 51120	u	4	75,60	302,40
Rodamiento FAG 6024 2ZR	u	4	200,00	800,00
TOTAL				15.613,10

FUENTE: Propia

5.2.2. COSTO DE EQUIPAMIENTO

Los equipos electromecánicos seleccionados para el presente rediseño, que son necesarios para la operación del secador de granos, se presentan en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Costos de elementos normalizados.

COSTO DE EQUIPAMIENTO	CANTIDAD	VALOR (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Motor WEG W22-IE2 6HP 3480rpm 220V 60Hz	4	700	2.800,00
Reductor BONFIGLIOLI A90 4_1111 UH100 P100	4	2500	10.000,00
TOTAL			12.800,00

FUENTE: Propia

5.2.3. COSTO DE MONTAJE

El costo de montaje se refiere a los valores generados por la utilización de equipamiento auxiliar, herramientas menores y materiales mínimos que son necesarios para el montaje, alineamiento, ajuste y puesta en servicio de los equipos para el funcionamiento del secador; se incluye el costo del personal técnico empleado para el montaje. Estos costos son presentados en la Tabla 5.3.

Tabla 5.3 Costos de Montaje.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Equipamiento auxiliar (soldadora, tecla, amoladora, oxicorte, etc.)	global	1		1.500
Materiales mínimos	global	1		500
Herramientas menores	global	1		200
Mano de obra	obreros	3		2.100
TOTAL				4.300

FUENTE: Propia

5.2.4. COSTO DE DISEÑO

El costo del diseño constituye el valor económico basado en el tiempo y el conocimiento que han empleado los ingenieros para realizar el diseño de los elementos que se incorporan al prototipo original.

Valor aproximado de 1 profesional en un tiempo de 2 meses es de 1800 USD por cada mes de trabajo.

5.2.5. IMPREVISTOS

Este rubro contempla el valor de la obra, movilización, impresión de documentos y planos entre otros, para el desarrollo del proyecto. Los mismos están detallados en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4 Costos de imprevistos

IMPREVISTO	VALOR (USD)
Materiales construcción adicionales	1.000
Movilización de personal	300
Reproducción de documentos	100
Impresión de planos	60
Varios	120
TOTAL	1.580

FUENTE: Propia

5.2.6. VALOR TOTAL DEL REDISEÑO

Este costo es el resultado de la sumatoria de todos los costos indirectos detallados anteriormente.

En la Tabla 5.5 se indica el costo total del rediseño.

Tabla 5.5 Costos de elementos normalizados.

RUBRO	VALOR
Costo de Materiales	15.613,10
Costo de Equipamiento	12.800
Costo del Montaje	4.300

.../

Costo del Diseño	3.600
Imprevistos	1.580
TOTAL	37.893,10

FUENTE: Propia

5.3. VALOR DE LA OBRA CIVIL.

Tomando en consideración que los valores de materiales de obra civil presupuestados años atrás han sufrido una variación; en esta sección se realiza una actualización de precios a fin de obtener un costo real.

5.3.1. COSTO DE MATERIALES

En base al diseño original implementado en el Cantón Ventanas, se consideran los rubros de obra civil que fueron implementados años atrás; a fin de tener un presupuesto actualizado se ha determinado cuantificar las cantidades de material que ha sido utilizado, así mismo se modifican los precios unitarios, de ser el caso, con valores tomados referencialmente del sector de la construcción público y privado, dichos rubros se presentan en la Tabla 5.6.

Tabla 5.6 Costo de materiales

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Replanteo y nivelación con equipo topográfico	m ²	80	1.10	88.00
Excavación de plintos y cimientos	m ³	20.52	6.25	128.25
Relleno compactado con material de mejoramiento: lastre y plancha compactadora	m ³	12.07	29.25	353.04
Desalojo con volqueta	m ³	11.05	5.00	55.25
Replanteo H.S. 140 kg/cm ²	m ³	2.64	150	396.00
Hormigón f'c=210 kg/cm ² . Equipo: concretera 1 saco, vibrador. Encofrado con tablero contrachapado	m ³	2.33	250	582.50
Plintos H. ciclopeo 180 Kg/cm ² - Equipo	m ³	3.11	200	622.00
Malla electrosoldada Ø10mm c. 15cm	m ²	49.80	15	747.00
Acero estructural. Equipo: soldadora	kg	1310.52	3.00	3931.56
Salidas especiales	pto	4.00	54.00	216.00

Tablero eléctrico	u	1.00	3000.00	3000.00
Limpieza final de la obra	m ²	80.00	1.05	84.00
TOTAL				10203.60

FUENTE: Propia

5.3.2. COSTO DE EQUIPAMIENTO

En el rediseño planteado se consideran cambios importantes en el sistema de movimiento del grano, a continuación son presentados los equipos del sistema de secado con su respectiva actualización de precios en la Tabla 5.7.

Tabla 5.7 Costos de equipamiento.

COSTOS DE EQUIPAMIENTO	VALOR
Ventilador y motor	5.000,00
Quemador tipo bazuca	4.200,00
Tablero de operación y control	5.000,00
TOTAL	14.200,00

FUENTE: Propia

5.3.3. VALOR TOTAL ACTUALIZADO DE LA OBRA CIVIL

En la Tabla 5.8 se indica el valor total.

Tabla 5.8 Costo Directo Total

COSTO DE LOS COMPONENTES	VALOR [USD]
Costo de Materiales	10.203,60
Costos de Equipamiento	14.200,00
TOTAL	24.403,60

FUENTE: Propia

5.4. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA

Estos costos se obtienen de la sumatoria de los costos analizados y calculados en las secciones 5.5 y 5.8, estos se indica en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9 Costo total del rediseño de la máquina.

COSTO TOTAL	VALOR [USD]
Costo del rediseño del secador	37.893,10
Actualización de precios de la obra civil	24.403,60
Total	62.296,70

FUENTE: Propia

La Tabla 5.9 presenta el costo total del equipo que incluye el rediseño del secador de granos planteado en el presente proyecto de titulación es de 62.296,70 dólares. Este valor supera al costo del prototipo del secador de granos implementado en el Cantón Ventanas en aproximadamente un 30%, sin embargo está justificado dicho incremento ya que en el prototipo original no funciona adecuadamente el sistema de movimiento del grano implementado.

Para la presentación de la oferta se deben actualizar los valores y establecer el presupuesto con base a precios unitarios, que permitan obtener costos directos e indirectos del prototipo modificado.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez concluido el presente Proyecto de Titulación es necesario destacar algunas situaciones relevantes que existieron antes, durante y después, las cuales se indican a continuación:

6.1. CONCLUSIONES

- El Proyecto ha optimizado la construcción y montaje del secador de granos; para su operación no se requiere personal calificado, necesitando una sola persona y/o un auxiliar.
- El objetivo principal de este proyecto se cumple al rediseñar el sistema de movimiento de grano que satisfacen los parámetros funcionales y requerimientos operacionales planteado por los usuarios.
- El manual de construcción y montaje facilita su instalación y permite su reproducción local e introducir mejoras que se puedan tener en la posteridad.
- La optimización del proceso de secado del maíz mantiene las expectativas y necesidades de los pequeños productores del Cantón Ventanas.
- La capacidad del secador circular que se plantea en el presente proyecto, satisface la producción de 500 quintales ó 22,7 toneladas de maíz por tanda de secado.
- Se puede construir el secador sin emplear el movimiento mecánico del grano, y con descarga manual y/o asistido con el transportador de tornillo sinfín.

6.2. RECOMENDACIONES

- El mantenimiento y limpieza de la máquina debe ser periódico para garantizar la durabilidad de las piezas en especial el sistema de agitación que se encuentra siempre en permanente contacto con los granos de maíz y demás piezas en movimiento.
- La SENESCYT y el Ministerio de Agricultura deben promover el diseño y fabricación de prototipos que ayuden a mejorar la calidad de los productos agrícolas beneficiando al pequeño productor, mediante proyectos de Titulación y/o Tesis de grado.
- Seguir adecuadamente los pasos sugeridos en el presente proyecto tanto para la operación como para el mantenimiento que determina que se tenga un correcto funcionamiento y de esa manera alargar el tiempo de vida útil del equipo.
- Informar sobre los inconvenientes de diseño, construcción y operación que se presenten para que puedan ser rediseñados si el caso lo requiere.

BIBLIOGRAFÍA

- BORESI, Arthur/SC HMIDT, Richard, Estática Ingeniería Mecánica, Primera edición, Mc-Graw Hill, 2001, 450pp.
- BÖHLER, Catálogo de aceros.
- CALERO, Roque y Carta, José A. Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros. McGraw-Hill, 1999.
- DIPAC, Catálogo de perfiles estructurales.
- ELLIS, W., Ingeniería de materiales, México, presentaciones y servicios de ingeniería, 1968, 136 pp.
- FAG, Catálogo de rodamientos.
- HALL, A., Hallowenko A., Laughlin H., Teoría y problemas de diseño de máquinas, México, Mc Graw-Hill, 1988, 342 pp.
- HAM, C. W., Mecánica de máquinas, México, Mc Graw-Hill, 1970, 496 pp.
- HIBBELER, R.C, Mecánica de materiales, Prentice Hall, INC, sexta edición, México, 2006.
- INEN, Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.
- MABIE, Hamilton y Ocvirk, Fred. Mecanismos y dinámica de maquinaria. Limusa, 1985.
- MARKS, L, Manual del Ingeniero Mecánico de Marks, McGraw Hill, México, 1960.
- MERIAM, LG Kraige, Estática Mecánica para Ingenieros, Tercera edición, Reverté S.A. 2005
- MOTT, R., Diseño de elementos de máquinas, New York, Prentice Hall, 1992, 750 pp.
- NORTON, Robert, Diseño de máquinas, Prentice Hall, México, 2011.
- NOVOA, W., PALACIOS, J., Diseño de dos sistemas de secado de maíz para el sector agrícola del Cantón Ventanas provincia de los Ríos, proyecto Senascyt - EPN - Petrocomercial, proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, Escuela Politécnica Nacional, mayo 2010.
- OSHIRO, Fernando., Libro del constructor, Perú, 1976.
- REPERMETAL, Catálogo de planchas perforadas.

- SHIGLEY, D, Mischke C., Standard Handbook machine design, New York, Mc Graw-Hill, 1983, 700 pp.
- SHIGLEY, Joseph y Uicker John. Teoría de máquinas y mecanismos. McGraw-Hill, 1988.
- SHIGLEY, Joseph/MISCHKE, Diseño en Ingeniería Mecánica, Quinta Edición, Mc-GrawHill, 1992. 1100pp
- WEG, Catálogo de Motores.

ANEXOS Y PLANOS

ANEXO 1: CATÁLOGO REDUCTOR

ANEXO 2: CATÁLOGO MOTOR

ANEXO 3: CATÁLOGO DE RODAMIENTOS

ANEXO 4: CATÁLOGO DE PERFILES

ANEXO 5: CATÁLOGO DE ACEROS

ANEXO 6: PLANOS