



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“DISEÑO DE UNA PLANTA VIRTUAL DE
TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA, PROPUESTA DE
UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO”**

TRABAJO DE TITULACIÓN:

TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

AUTORES: DARWIN JAVIER ORTIZ BASANTES

LORENA ISABEL PILATUÑA QUINALUISA

DIRECTOR: ING. SERGIO RAÚL VILLACRÉS PARRA MSC.

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Darwin Javier Ortiz Basantes y Lorena Isabel Pilatuña Quinaluisa

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, DARWIN JAVIER ORTIZ BASANTES Y LORENA ISABEL PILATUÑA QUINALUISA, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 10 de diciembre del 2019



Darwin Javier Ortiz Basantes

C.C: 060393421-7



Lorena Isabel Pilatuña Quinaluisa

C.C: 060492847-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, **DISEÑO DE UNA PLANTA VIRTUAL DE TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA, PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**, realizado por el señor **DARWIN JAVIER ORTIZ BASANTES** y la señorita **LORENA ISABEL PILATUÑA QUINALUISA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. José Antonio Granizo. PHD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



16/dic/2019.

Ing. Sergio Raúl Villacrés Parra. MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO

DE TITULACIÓN



16/dic/2019

Ing. César Marcelo Gallegos Londoño. MSc.

MIEMBRO DE TRIBUNAL



16/DIC/2019

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a DIOS por haberme dado la vida y protegerme en todo momento; a mis padres Sr. Víctor Manuel Pilatuña Guarango y Sra. María Petrona Quinaluisa Pallo quienes son mi ejemplo de nobleza, humildad, trabajo dedicación y constancia, y que con su amor y apoyo incondicional han permitido mi superación profesional y personal guiándome con sus consejos y experiencias; a mi hermana Sandra por estar siempre conmigo y por su confianza depositada en mí ; a mi familia paterna y materna quienes forman parte de mi vida y que de alguna u otra manera me apoyaron.

Lorena Isabel Pilatuña Quinaluisa

El presente trabajo de titulación va dedicado a Dios y a la Virgen Santísima, a mis padres Secundino Ortiz Paucar y Lida María Basantes, a mis hermanos Carlos Eduardo, Alba Margarita, Janeth Alexandra, a mis sobrinos Denis, Dayana, Paulina, Derek, a J.L quien partió al cielo y es un motivo de gran inspiración y esfuerzo, a mis profesores y amigos que han compartido sus experiencias y conocimientos para mi crecimiento personal y profesional.

Darwin Javier Ortiz Basantes

AGRADECIMIENTO

Dad gracias al Señor porque él nos libera; y su gran amor perdura para siempre (Salmo 136). En primer lugar, quiero agradecer a DIOS por ser protector y guía en todas las etapas de mi vida, de igual forma agradecer desde el fondo de mi corazón a mis padres, por su sacrificio realizado para cumplimiento de este logro y por estar conmigo en todo momento dándome ánimos y fuerza.

Agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por aportar en mi formación académica, mi agradecimiento al director y miembro de este trabajo Ing. Sergio Villacrés e Ing. César Gallegos por guiar el desarrollo del mismo.

Y, por último, agradezco a todas aquellas personas que de una u otra manera me apoyaron durante el transcurso de mi carrera universitaria; docentes por compartir sus conocimientos, compañeros por la ayuda mutua prestada, amigas y amigos personas con las que compartí muchas experiencias las cuales están en mi mente y corazón y finalmente familiares por sus palabras de aliento y fuerza.

Lorena Isabel Pilatuña Quinaluisa

Quiero agradecer a Dios quien ha sido el motor de mi vida, mi compañero y amigo fiel, a mis padres que con su esfuerzo y constante sacrificio han sabido inculcarme el valor de las cosas, diariamente me muestran que la humildad y perseverancia pueden llevar al éxito a una persona, por el cariño brindado y apoyo incondicional quiero agradecer a los mejores padres que una persona puede tener.

A mis hermanos que a pesar de la distancia han sido mi complemento y ejemplo a seguir, a mis sobrinos que con sus locuras, ideas y preguntas han ocupado un gran espacio en mi vida, a mis profesores que aportaron con sus conocimientos para obtener una carrera profesional, a mis amigos que han formado parte importante en mi diario vivir, tengo momentos buenos y malos grabados en mi mente, mismos que nos han ayudado a afianzar los lazos de amistad

Agradecer a todos quienes que con sus consejos y palabras de aliento hicieron posible el desarrollo del presente trabajo de titulación.

Mis más sinceros agradecimientos y respeto.

Darwin Javier Ortiz Basantes

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Páginas |
|---|----------|
| ÍNDICE DE CONTENIDO | vi |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | x |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | xiii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xvii |
| ÍNDICE DE ANEXOS | xviii |
| RESUMEN | xix |
| ABSTRACT..... | xx |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Antecedentes | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.3 Justificación del proyecto..... | 3 |
| 1.4 Objetivos..... | 3 |
| 1.4.1 <i>Objetivo general</i> | 3 |
| 1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> | 3 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1 Plantas de trituración de piedra caliza..... | 5 |
| 2.2 Proceso de trituración de piedra caliza | 6 |
| 2.3 Descripción y funcionamiento de los sistemas de una planta de trituración de piedra caliza | 7 |
| 2.3.1 <i>Triturador de martillos</i> | 8 |
| 2.3.2 <i>Banda transportadora</i> | 9 |
| 2.3.3 <i>Transportador de placas metálicas</i> | 10 |
| 2.3.4 <i>Transportador helicoidal</i> | 11 |
| 2.3.5 <i>Elevador de cangilones</i> | 11 |
| 2.3.6 <i>Criba vibratoria</i> | 12 |

| | | |
|----------|---|----|
| 2.3.7 | <i>Filtro de mangas</i> | 12 |
| 2.3.8 | <i>Ventilador industrial</i> | 13 |
| 2.3.9 | <i>Compresor industrial</i> | 14 |
| 2.3.10 | <i>Sistema Eléctrico</i> | 15 |
| 2.3.10.1 | <i>Tablero eléctrico de control</i> | 15 |
| 2.3.11 | <i>Grupo electrógeno</i> | 15 |
| 2.3.12 | <i>Sistema de lubricación</i> | 16 |
| 2.3.13 | <i>Tolva de alimentación</i> | 17 |
| 2.4 | Metodología de diseño | 17 |
| 2.5 | Herramientas computacionales de diseño: software | 18 |
| 2.5.1 | <i>Familias de software de diseño mecánico</i> | 19 |
| 2.5.1.1 | <i>Autodesk Inventor</i> | 19 |
| 2.6 | Generalidades del mantenimiento | 20 |
| 2.6.1 | <i>Definición de mantenimiento</i> | 21 |
| 2.7 | Tipos de Mantenimiento | 21 |
| 2.8 | Inventario técnico y niveles jerárquicos | 22 |
| 2.9 | Codificación del inventario técnico | 23 |
| 2.10 | Recopilación de información técnica | 24 |
| 2.10.1 | <i>Fichas técnicas</i> | 24 |
| 2.11 | Plan de mantenimiento | 25 |
| 2.11.1 | <i>Plan de mantenimiento basado en protocolos genéricos (banco de tareas)</i> | 25 |
| 2.12 | Logística de mantenimiento | 27 |
| 2.13 | Sitios web educativos como estrategias didácticas | 28 |
| 2.13.1 | <i>Sitios Web</i> | 29 |
| 2.13.1.1 | <i>Lenguaje de programación</i> | 29 |
| 2.13.1.2 | <i>Sistemas gestores de contenido</i> | 30 |
| 2.13.2 | <i>Sitios web educativos</i> | 30 |
| 2.13.2.1 | <i>Tipos de sitios webs educativos</i> | 31 |
| 2.13.2.2 | <i>Difusión y socialización</i> | 32 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 3. | METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA PLANTA VIRTUAL | 33 |
| 3.1 | Etapa analítica | 33 |
| 3.1.1 | <i>Determinación de requerimientos</i> | 33 |
| 3.1.2 | <i>Recolección de información</i> | 34 |
| 3.1.2.1 | <i>Sistemas para la planta virtual de trituración.....</i> | 34 |
| 3.1.2.2 | <i>Especificaciones de sistemas</i> | 35 |
| 3.1.3 | <i>Herramientas y recursos a utilizar</i> | 38 |
| 3.1.3.1 | <i>Software de diseño mecánico</i> | 38 |
| 3.1.3.2 | <i>Sitio web para planta virtual de trituración</i> | 42 |
| 3.2 | Etapa creativa | 44 |
| 3.2.1 | <i>Diseño de sistemas de la planta virtual.....</i> | 44 |
| 3.2.1.1 | <i>Modelo tridimensional del triturador de martillos.....</i> | 44 |
| 3.2.1.1 | <i>Modelo tridimensional de la banda transportadora</i> | 50 |
| 3.2.1.2 | <i>Modelo tridimensional del transportador helicoidal</i> | 53 |
| 3.2.1.3 | <i>Modelo tridimensional del transportador de placas metálicas.....</i> | 57 |
| 3.2.1.4 | <i>Modelo tridimensional del sistema de lubricación.....</i> | 61 |
| 3.2.1.5 | <i>Diseño de estructuras metálicas y detalles.....</i> | 66 |
| 3.2.1.1 | <i>Simulación del proceso de trituración.....</i> | 66 |
| 3.2.2 | <i>Elaboración del plan de mantenimiento preventivo</i> | 67 |
| 3.2.2.1 | <i>Inventario técnico de activos a mantener.....</i> | 68 |
| 3.2.2.2 | <i>Codificación de inventario</i> | 69 |
| 3.2.2.3 | <i>Fichas técnicas</i> | 70 |
| 3.2.2.4 | <i>Determinación de tareas y frecuencias de mantenimiento.....</i> | 71 |
| 3.2.2.5 | <i>Logística de Mantenimiento</i> | 73 |
| 3.2.3 | <i>Creación del sitio web.....</i> | 78 |
| 3.3 | Etapa de ejecución..... | 80 |
| 3.3.1 | <i>Exportar archivos desde el software de diseño</i> | 81 |
| 3.3.2 | <i>Convertir los archivos a un formato compatible con el sitio web</i> | 82 |
| 3.3.3 | <i>Almacenar y vincular archivos mediante WordPress</i> | 84 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3.3.3.1 | <i>Almacenar archivos</i> | 84 |
| 3.3.3.2 | <i>Crear entradas para archivos almacenadas</i> | 84 |
| 3.3.3.3 | <i>Vinculación de entradas de contenido a páginas</i> | 86 |
| 3.3.4 | <i>Comprobar la visualización de los proyectos en el sitio web</i> | 86 |
| 4. | ANÁLISIS Y RESULTADOS | 88 |
| 4.1 | Resultados | 88 |
| 4.1.1 | <i>Primera encuesta: grupo N₀. 1</i> | 88 |
| 4.1.2 | <i>Segunda encuesta: grupo N₀. 2</i> | 89 |
| 4.2 | Análisis de resultados | 90 |
| 4.3 | Recursos | 91 |
| 4.3.1 | <i>Recursos humanos</i> | 91 |
| 4.3.2 | <i>Recursos económicos</i> | 91 |
| | CONCLUSIONES | 92 |
| | RECOMENDACIONES | 93 |
| | GLOSARIO | |
| | BIBLIOGRAFÍA | |
| | ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-2: Sistemas y equipos de una planta de trituración de piedra caliza | 7 |
| Tabla 2-2: Funcionamiento del triturador de martillos | 9 |
| Tabla 3-2: Funcionamiento de la banda transportadora | 10 |
| Tabla 4-2: Funcionamiento del transportador de placas metálicas | 10 |
| Tabla 5-2: Funcionamiento del transportador helicoidal | 11 |
| Tabla 6-2: Funcionamiento del elevador de cangilones..... | 12 |
| Tabla 7-2: Funcionamiento de la criba vibratoria | 12 |
| Tabla 8-2: Funcionamiento del filtro de mangas | 13 |
| Tabla 9-2: Funcionamiento del ventilador industrial | 14 |
| Tabla 10-2: Funcionamiento del compresor industrial | 14 |
| Tabla 11-2: Funcionamiento del sistema eléctrico: tablero eléctrico | 15 |
| Tabla 12-2: Funcionamiento del grupo electrógeno | 16 |
| Tabla 13-2: Funcionamiento del sistema de lubricación..... | 16 |
| Tabla 14-2: Funcionamiento de la tolva | 17 |
| Tabla 15-2: Fases de la metodología de Archer Bruce | 18 |
| Tabla 16-2: Listado de software de diseño mecánico | 19 |
| Tabla 17-2: Resumen de los tipos de mantenimiento | 22 |
| Tabla 18-2: Explicación del código de niveles jerárquicos | 23 |
| Tabla 19-2: Estructura de código | 24 |
| Tabla 20-2: Tipos de equipos eléctricos, mecánicos, civiles | 26 |

| | |
|--|----|
| Tabla 21-2: Tipos de tareas de mantenimiento | 26 |
| Tabla 22-2: Mano de obra..... | 27 |
| Tabla 23-2: Repuestos y materiales | 27 |
| Tabla 24-2: Herramientas y equipos | 28 |
| Tabla 25-2: Formato de instrucciones de tarea | 28 |
| Tabla 26-2: Tipos de sitios web educativos | 31 |
| Tabla 1-3: Requerimientos de la planta virtual | 34 |
| Tabla 2-3: Especificaciones técnicas y funcionales de los sistemas a diseñar | 36 |
| Tabla 3-3: Selección del software de diseño mecánico | 39 |
| Tabla 4-3. Hoja de resumen de Autodesk Inventor..... | 40 |
| Tabla 5-3: Comandos de Inventor para la creación y ensamble | 41 |
| Tabla 6-3: Herramientas para acotar planos técnicos en Inventor | 41 |
| Tabla 7-3: Herramientas de Inventor para la animación y despiece | 42 |
| Tabla 8-3: Perfiles de usuario de sitio web de planta virtual | 43 |
| Tabla 9-3: Herramientas a utilizar en el sitio web de la planta virtual..... | 43 |
| Tabla 10-3: Procedimiento de diseño del triturador de martillos..... | 46 |
| Tabla 11-3: Procedimiento de diseño de la banda transportadora | 51 |
| Tabla 12-3: Procedimiento de diseño del transportador helicoidal..... | 55 |
| Tabla 13-3: Procedimiento de diseño del transportador metálico..... | 59 |
| Tabla 14-3: Procedimiento de diseño del sistema de lubricación | 63 |
| Tabla 15-3: Niveles jerárquicos para inventario de planta virtual de trituración..... | 68 |
| Tabla 16-3: Codificación del nivel 1,2 y 3..... | 69 |

| | |
|---|----|
| Tabla 17-3: Códigos de los tipos de equipos mecánicos, eléctricos y civiles | 70 |
| Tabla 18-3: Codificación nivel 1,2,3 y 4 | 70 |
| Tabla 19-3: Modelo de ficha técnica para triturador de martillos..... | 71 |
| Tabla 20-3: Tipos de tareas de mantenimiento | 72 |
| Tabla 21-3: Plan de mantenimiento preventivo del sistema de trituración de caliza | 72 |
| Tabla 22-3: Logística de mantenimiento del sistema de trituración | 74 |
| Tabla 23-3: Opciones de WordPress utilizadas para administrar sitio web de la planta virtual . | 78 |
| Tabla 24-3: Lista de códigos de los ensambles de todos los sistemas de la planta virtual..... | 83 |
| Tabla 25-3: Códigos definidos para subir archivos a la administración del sitio web | 85 |
| Tabla 1-4: Resultados de primera encuesta..... | 88 |
| Tabla 2-4: Resultados de la segunda encuesta | 90 |
| Tabla 3-4: Presupuesto..... | 91 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-2: Diagrama del proceso de trituración de piedra caliza | 6 |
| Figura 2-2: Triturador de martillos | 9 |
| Figura 3-2: Banda transportadora | 10 |
| Figura 4-2: Transportador metálico | 10 |
| Figura 5-2: Transportador helicoidal | 11 |
| Figura 6-2: Elevador de Cangilones..... | 12 |
| Figura 7-2: Criba Vibratoria | 12 |
| Figura 8-2: Filtro de mangas..... | 13 |
| Figura 9-2: Ventilador Industrial | 14 |
| Figura 10-2: Compresor de pistón | 14 |
| Figura 11-2: Tablero eléctrico de control | 15 |
| Figura 12-2: Grupo electrógeno..... | 16 |
| Figura 13-2: Sistema de lubricación | 16 |
| Figura 14-2: Tolva de alimentación..... | 17 |
| Figura 15-2: Principales funciones de Autodesk Inventor..... | 20 |
| Figura 16-2: Tipos de mantenimiento..... | 21 |
| Figura 17-2: Pirámide Taxonómica ISO 14224..... | 22 |
| Figura 18-2: Estructura jerárquica recomendada para inventario técnico | 23 |
| Figura 19-2: Modelo de ficha técnica | 25 |
| Figura 20-2: Lenguaje HTML de página web | 29 |
| Figura 21-2: Como funciona un sistema gestor de contenido..... | 30 |

| | |
|---|----|
| Figura 22-2: Características de sitios web educativos | 31 |
| Figura 1-3: Etapas para el desarrollo del diseño virtual de la planta trituradora..... | 33 |
| Figura 2-3: Diagrama de proceso inicial de la planta de trituración a diseñar..... | 35 |
| Figura 3-3: Diseño 3D del triturador de martillos..... | 44 |
| Figura 4-3: Plano técnico del triturador de martillos | 45 |
| Figura 5-3: Sólidos diseñados para el triturador de martillos | 46 |
| Figura 6-3: Ensamble del equipos de sistema de trituración..... | 47 |
| Figura 7-3: Hoja de programación de animación del triturador de martillos | 48 |
| Figura 8-3. Animación del triturador de martillos | 48 |
| Figura 9-3: Hoja de programación del despiece del triturador de martillos..... | 49 |
| Figura 10-3: Despiece del triturador de martillos | 49 |
| Figura 11-3: Diseño 3D de la banda transportadora | 50 |
| Figura 12-3: Plano técnico de la banda transportadora..... | 50 |
| Figura 13-3: Sólidos diseñados para la banda transportadora..... | 51 |
| Figura 14-3: Ensamble de equipos de la banda transportadora | 51 |
| Figura 15-3: Hoja de programación y animación de la banda transportadora | 52 |
| Figura 16-3: Animación de la banda transportadora..... | 52 |
| Figura 17-3: Hoja de programación y despiece de la banda transportadora. | 53 |
| Figura 18-3: Despiece de la banda transportadora..... | 53 |
| Figura 19-3: Diseño 3D del transportador helicoidal..... | 54 |
| Figura 20-3: Plano técnico del transportador helicoidal | 54 |
| Figura 21-3: Sólidos diseñados para el transportador helicoidal | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 22-3: Ensamble de equipos del transportador helicoidal | 55 |
| Figura 23-3: Hoja de programación de animación del transportador helicoidal | 56 |
| Figura 24-3: Animación de transportador helicoidal | 56 |
| Figura 25-3: Hoja de programación y despiece del transportador helicoidal | 57 |
| Figura 26-3: Despiece del transportador helicoidal | 57 |
| Figura 27-3: Diseño 3D del transportador de placas metálicas..... | 58 |
| Figura 28-3: Plano técnico del transportador de placas metálicas | 58 |
| Figura 29-3: Sólidos diseñados para el transportador de placas metálicas | 59 |
| Figura 30-3: Ensamble de equipos del transportador de placas metálicas..... | 59 |
| Figura 31-3: Hoja de programación de animación del transportador de placas metálicas..... | 60 |
| Figura 32-3: Animación del transportador de placas metálicas | 60 |
| Figura 33-3: Hoja de programación y despiece del transportador de placas metálicas | 61 |
| Figura 34-3: Despiece del transportador de placas metálicas | 61 |
| Figura 35-3: Diseño 3D del sistema de lubricación..... | 62 |
| Figura 36-3: Plano técnico del sistema de lubricación..... | 62 |
| Figura 37-3: Sólidos diseñados para el sistema de lubricación..... | 63 |
| Figura 38-3: Ensamble de equipos del sistema de lubricación | 63 |
| Figura 39-3: Hoja de programación de animación del sistema de lubricación. | 64 |
| Figura 40-3: Animación del sistema de lubricación | 64 |
| Figura 41-3: Hoja de programación del despiece del sistema de lubricación..... | 65 |
| Figura 42-3: Despiece del sistema de lubricación..... | 65 |
| Figura 43-3: Ensamble general de la planta virtual trituradora de piedra caliza..... | 66 |

| | |
|---|----|
| Figura 44-3: Hoja de programación de la animación de la planta virtual | 67 |
| Figura 45-3: Animación de la planta virtual | 67 |
| Figura 46-3: Esquema de los niveles jerárquicos para inventario de planta de trituración..... | 68 |
| Figura 47-3: Página administradora de contenido “WordPress” | 78 |
| Figura 48-3: Página de inicio del sitio web de la planta virtual de trituración de piedra caliza . | 79 |
| Figura 49-3: Submenú desplegable del ítem “sistemas de la planta” | 80 |
| Figura 50-3: Plantilla para las páginas de los sistemas de la planta virtual | 80 |
| Figura 51-3: Flujograma de trabajo | 81 |
| Figura 52-3: Exportación de planos técnicos..... | 81 |
| Figura 53-3: Ensamble visualizado en "A360" | 82 |
| Figura 54-3: Procedimiento para almacenar y vincular archivos mediante WordPress..... | 84 |
| Figura 55-3: Almacenamiento de archivos en página administradora..... | 84 |
| Figura 56-3: Ejemplo de creación de entrada para video de funcionamiento..... | 85 |
| Figura 57-3: Ejemplo de vinculación en botones personalizados | 86 |
| Figura 58-3: Ejemplo de incrustación de código de ensamble en página web..... | 86 |
| Figura 59-3: Verificación de visualización de información en sitio web | 87 |
| Figura 60-3: Verificación de visualización de información en sitio web | 87 |
| Figura 4-1: Número de visitas del sitio web | 89 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 1-4: Resultados de primera encuesta..... | 89 |
| Gráfico 2-4: Resultados de segunda encuesta..... | 900 |
| Gráfico 3-4: Porcentajes de resultados de encuestas..... | 91 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MODELOS TRIDIMENSIONALES

ANEXO B: INVENTARIO Y CODIFICACIÓN

ANEXO C: FICHAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

ANEXO D: PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ANEXO E: BANCO DE TAREAS GENERALES DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS
ELÉCTRICOS, MECÁNICOS

ANEXO F: LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO

ANEXO G: PROCEDIMIENTOS DE TAREAS

ANEXO H: ENCUESTAS APLICADAS

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue el diseño de una planta virtual de trituración de piedra caliza junto a su plan de mantenimiento preventivo y su posterior difusión mediante un sitio web, obteniendo una herramienta didáctica para la enseñanza del mantenimiento y funcionamiento de este tipo de plantas. Para el desarrollo del diseño de la planta virtual se aplicó una metodología fundamentada en tres etapas: analítica, creativa y de ejecución. Durante la primera etapa se realizó la recolección de información para el diseño de la planta virtual; se seleccionó el software de diseño mecánico, el cual fue Autodesk Inventor; se investigó sobre los diferentes métodos para la elaboración de planes de mantenimiento eligiendo el protocolo de mantenimiento de banco de tareas. En la segunda etapa se diseñó los sistemas de la planta virtual conjuntamente con su animación, despiece y planos técnicos; también se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo a través de los siguientes aspectos: inventario técnico, codificación de inventario, fichas técnicas, tareas con sus frecuencias de mantenimiento y logística de mantenimiento. En la última etapa se realizó la publicación de la planta virtual creando un sitio web, el cual fue administrado por un sistema gestor de contenido que permitió el diseño de la interfaz del sitio, almacenamiento, vinculación y visualización de la planta virtual conjuntamente con su plan de mantenimiento. Mediante la aplicación de encuestas se obtuvo que el sitio web de la planta virtual de trituración de piedra caliza incrementó el grado de conocimiento en estudiantes de ingeniería de Mantenimiento del 12% al 89%. Se concluye que el diseño de la planta virtual de trituración en conjunto con su plan de mantenimiento preventivo es una herramienta didáctica para el aprendizaje. Se recomienda desarrollar otros modelos virtuales con enfoque educativo sobre ingeniería de Mantenimiento Industrial.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <PLANTA VIRTUAL >, <TRITURADORA DE PIEDRA CALIZA>, <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA >, <METODOLOGÍA DE DISEÑO> <PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO>, <SITIO WEB>, <HERRAMIENTA DIDÁCTICA>.



ABSTRACT

The objective of the present work of qualification was the design of a virtual limestone crushing plant together with its preventive maintenance plan and its subsequent dissemination through a website, obtaining a didactic tool for teaching the maintenance and operation of this type of plants. For the development of the design of the virtual plant it was applied a methodology based on three phases: analytical, creative and of execution. During the first stage was carried out the collection of information for the design of the virtual plant; mechanical design software was selected, which was Autodesk Inventor; the different methods for developing maintenance plans were researched by choosing the task bench maintenance protocol. In the second stage, the systems for the virtual plant were designed in conjunction with their animation, exploded view and technical drawings; the preventive maintenance plan was also developed through the following aspects: technical inventory, inventory coding, technical sheets, tasks with their maintenance frequencies and maintenance logistics. In the last stage, the publication of the virtual plant was carried out creating a website, which was managed by a content management system that allowed the design of the interface of the site, storage, linking and visualization of the virtual plant in conjunction with its maintenance plan. Through the implementation of surveys, it was obtained that the website of the virtual limestone crushing plant increased the level of knowledge in maintenance engineering students from 12% to 89%. It is concluded that the design of the virtual crushing plant in conjunction with its preventive maintenance plan is a didactic tool for learning. It is recommended to develop other virtual models with an educational focus on Industrial Maintenance Engineering.

Keywords: < ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCE >, <VIRTUAL PLANT>, < LIMESTONE CRUSHER >, < DESIGNED ASSISTANCE BY COMPUTER >, < DESIGN METHODOLOGY >, < PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN >, < WEB SITE >, < DIDACTIC TOOL >.



1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el Ecuador, dentro de la minería estatal la caliza, el oro, la plata representan a los minerales que mayoritariamente han aportado al ingreso económico del estado ecuatoriano, esto según la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM), lo que conlleva a mencionar que Ecuador es un país que tiene gran potencial en el sector minero debido a que dispone de variados recursos metálicos y no metálicos. Ante lo mencionado las plantas de trituración dentro del campo industrial son temas que despiertan gran interés desde puntos de vistas de diseño, funcionamiento, mantenimiento etc., para obtener una visualización global de lo que demanda este tipo de industrias desde el punto de vista manufacturero o educativo. A nivel industrial, la validación visual se considera como una de las mejores herramientas para la fabricación de productos, de este modo los simuladores virtuales permiten esta validación lo que conlleva a verificar un proceso de producción; por otro lado, en el campo educativo especialmente en áreas técnicas como las ingenierías se requiere de ciertas herramientas tecnológicas que permitan consolidar conocimientos teóricos, ante esto nace propuestas de implementación de modelos virtuales para la enseñanza (Vásquez Salazar, y otros, 2016, pp.1-2). La idea de modelos virtuales resulta del desarrollo de nuevas tecnologías basadas en el internet, software libre, digitalización que son empleados para crear espacios virtuales prácticos cuya temática puede ser direccionada de acuerdo a determinación de un enfoque y aplicación.

Las plantas virtuales en el campo educativo representan una herramienta para la enseñanza, puesto que el estudiante tiene más acercamiento con los procesos industriales (Vásquez Salazar, y otros, 2016, pp.1-2). Mediante el empleo de herramientas virtuales en lo que respecta al campo de la ingeniería los estudiantes pueden complementar su conocimiento, tener una idea más clara de lo que es la propia industria y no limitarse solamente a la teoría dentro del aula.

En la tesis de maestría realizada por el autor Ángel Patricio Flores Orozco titulado “Desarrollo de un entorno virtual colaborativo aplicado a la enseñanza del diseño web, en la ESPOCH extensión Morona Santiago para mejorar el aprendizaje significativo” manifiesta que los entornos virtuales constituyen un sistema cuyo desarrollo implica métodos y técnicas clásicas de la ingeniería de software, por lo que el término entorno virtual se ha venido utilizando para designar la sensación del usuario de formar parte del entorno.

Por otro lado, el desarrollo de un entorno virtual, debe contemplar una metodología de diseño por lo que en el trabajo de titulación de los autores José Eduardo Carzola Huaraca y Luis Clemente Huerta Tenemaza denominada “Comparativa de herramientas de simulación virtual aplicadas al recorrido de las ruinas de Baños del Inca en el cantón el Tambo” expresan que el diseño debe crear y plantear prototipos que permitan el entendimiento de objetos o entornos físicos. En este trabajo los autores desarrollaron un recorrido virtual mediante la aplicación de una metodología de diseño propuesta por Archer Bruce que consiste en tres etapas: analítica, creativa y de ejecución.

1.2 Planteamiento del problema

Las giras o visitas técnicas, son consideradas como actividades académicas, enfocadas a contrastar los conocimientos teóricos con experiencias prácticas en entornos reales, sin embargo, estas engloban ciertos inconvenientes que dificultan su realización. Tal es el caso de las bajas oportunidades que las empresas o industrias ofrecen para este fin, costos de las visitas técnicas, peligros que puede involucrar el espacio visitado etc.

Considerando que, en áreas técnicas como las ingenierías, los lugares más propicios para la realización de giras técnicas son las industrias manufactureras, donde la observación de estos procesos mejora el aprendizaje de los conocimientos recibidos en el aula, pero a la vez tomando en cuenta las dificultades a presentarse.

Las plantas trituradoras cumplen un rol importante dentro de la industria minera, cuya información debe ser desarrollada de modo que personas afines a este campo o estudiantes logren construir conocimientos previos sobre este tipo de industrias, tanto del diseño como mantenimiento; puesto que los sistemas constituyentes de este tipo de plantas se pueden encontrar en otras industrias.

Actualmente existe pocas oportunidades para estudiantes y profesionales de conocer plantas trituradoras físicas por los riesgos que implica esto y la baja apertura que ofrecen las empresas industriales dedicadas a este fin, lo que limita la posibilidad de observar y entender el proceso de trituración generándose bajos conocimientos sobre este tipo de plantas, tanto del funcionamiento de sus sistemas para llevar a cabo su proceso, como de las actividades de mantenimiento que se ejecutan dentro de las plantas trituradoras.

Mediante una encuesta realizada a los estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería de Mantenimiento se detectó que existen bajos conocimientos sobre las máquinas o sistemas que constituyen una planta industrial de piedra caliza, se evidenció que el 88% de 26 estudiantes

desconocen sobre este tema, resultados que indican la presencia de un problema, debido a que los sistemas de este tipo de plantas son representativos en otras industrias.

1.3 Justificación del proyecto

Con el avance de la tecnología se ha desarrollado varios programas o software orientados al diseño y simulación de proyectos industriales, logrando crear ambientes o entornos virtuales dentro de áreas técnicas como las ingenierías; un claro ejemplo de este desarrollo es el lanzamiento de programas computacionales tipo CAD/CAM (Dibujo asistido por ordenador y manufactura asistida por ordenador) que tiene la capacidad de modelar diseños tridimensionales, realizar simulaciones e incluso obtener dimensionamientos de los diseños realizados.

Las plantas virtuales representan una herramienta para la enseñanza, donde estudiantes pueden interactuar y tener más acercamiento con los procesos industriales (Vásquez Salazar, y otros, 2016, pp.1-2). Ante lo mencionado, con el desarrollo de nuevas tecnologías basadas en internet, programas computacionales de diseño, la digitalización ha permitido que el campo de la ingeniería se enriquezca y de este modo se creen plataformas o modelos virtuales, que aporten al proceso de enseñanza-aprendizaje sobre temas donde se unifiquen el campo industrial con el mantenimiento, tal es el caso de la implementación de plantas virtuales

Las plantas virtuales representan una herramienta para la enseñanza, originando que el aprendizaje se desarrolle en ambientes interactivos y llamativos para los estudiantes, donde estos puedan interactuar y tener más acercamiento con los procesos industriales. Ante lo mencionado se diseñará un modelo tridimensional de una planta de trituración de piedra caliza que permita visualizar su funcionamiento conjuntamente con su plan de mantenimiento preventivo. De este modo los estudiantes y personas interesadas adquieran conocimientos en el campo de la trituración de piedra caliza y de su mantenimiento preventivo; pues existe bajas oportunidades de visitar este tipo de plantas.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar una planta virtual de trituración de piedra caliza y su plan de mantenimiento preventivo con fines didácticos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recolectar información sobre los sistemas de una planta de trituración de piedra caliza.

- Diseñar una planta virtual de trituración de piedra caliza mediante la utilización del software Autodesk Inventor.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la planta virtual de trituración de piedra caliza.
- Mostrar el diseño de la planta virtual de trituración de piedra caliza y su plan de mantenimiento preventivo a través de un sitio web.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Plantas de trituración de piedra caliza

En la naturaleza se encuentra varios tipos de materiales que son aprovechados para distintas actividades como: metales (oro, cobre), materiales de construcción e industriales (caliza, rocas, arena, grava etc.). En la investigación denominada “Materias primas minerales no metálicas realizadas en Ecuador”, se indica que existen aproximadamente 143 yacimientos de piedra caliza; entendiéndose que un yacimiento es un lugar o depósito donde existe mayor concentración natural de minerales, en este caso de caliza. Las provincias donde existen mayor número de yacimientos son: Guayas, Chimborazo, Azuay, Morona Santiago, Manabí (Uribe, 2015, pp.37-70).

Las plantas de trituración son ampliamente utilizadas en la industria minera, estas están formadas por maquinaria industrial que realizan procesos de trituración con el propósito de reducir el tamaño de un material sólido a un tamaño menor para ser utilizado en diversos usos. El proceso de trituración implica transformación física del material (cambio de forma y tamaño) sin alteración alguna de su naturaleza de modo que todo el material tenga un tamaño homogéneo. La maquinaria industrial que posea una planta de trituración, dependerá de ciertos factores como (Zurita Eiranova, 2012, p.19):

- Tamaño de material de entrada y salida.
- Capacidad de la planta (flujo de material expresado TPH).
- Dureza y abrasividad del material.
- Razón de reducción.
- Robustez y mantenimiento de las máquinas.

La caliza es una roca sedimentaria, compuesta por carbonato de calcio y en pequeñas cantidades por minerales, tales como arcilla, hermatita, siderita, cuarzo etc., estos últimos son los responsables de la modificación del color, densidad, resistencia y grado de coherencia de la roca. Debido a las propiedades físicas, mineralógicas y químicas de la caliza, se la usa en los siguientes sectores industriales:

- Construcción: como agregado para la producción de cemento o cal.
- Químico: como materia prima para la elaboración de insecticidas y fungicidas.
- Alimenticio: participa en la producción de azúcar que proviene de la caña o remolacha.

Las plantas trituradoras de caliza se caracterizan por los siguientes parámetros: capacidad de planta, la cual se expresa en toneladas por hora (TPH), resaltando que las capacidades de cada máquina deben cubrir la capacidad total de la planta; granulometría del producto de salida (caliza) que generalmente es del orden de 30-60mm, destacando que el tamaño de entrada de la caliza oscila entre 600-400mm (Urday Peña, 2013).

2.2 Proceso de trituración de piedra caliza

El proceso de trituración de piedra caliza se muestra en la Figura 1-2.

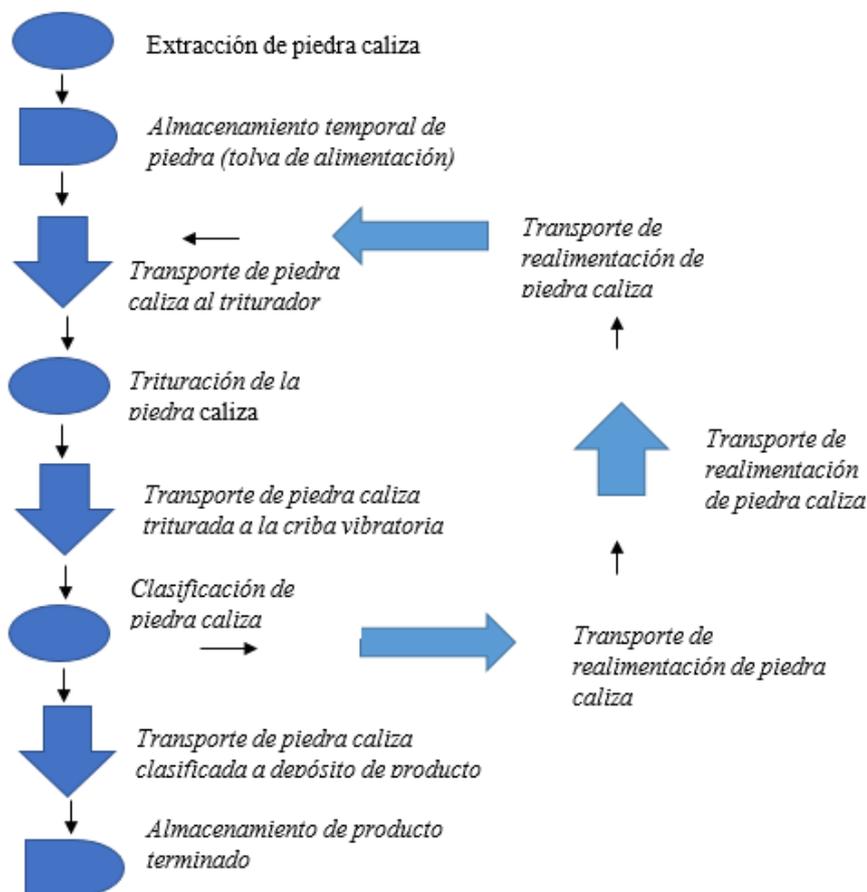


Figura 1-2. Diagrama del proceso de trituración de piedra caliza

Fuente: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

El proceso de trituración inicia con la extracción de la caliza a través de voladuras controladas en canteras, obteniéndose rocas de caliza de gran tamaño que son transportadas y depositadas temporalmente en una tolva de alimentación, la cual descarga las rocas hasta un triturador por medio de cintas transportadoras; del triturador se obtiene rocas fraccionadas que son transportadas a una criba vibratoria para su clasificación, las rocas que cumplan con los requerimientos exigidos serán llevadas al siguiente proceso o un depósito de producto terminado, mientras que

las otras regresarán al triturador a través de bandas auxiliares de este modo formando un circuito cerrado (Urday Peña, 2013).

2.3 Descripción y funcionamiento de los sistemas de una planta de trituración de piedra caliza

Una planta de trituración de piedra caliza está constituida por un conjunto de sistemas, los cuales cumplen funciones específicas como almacenar, transportar, triturar, clasificar, lubricar y ventilar; estos interactúan en conjunto para realizar el proceso de trituración. La lista de sistemas y equipos que conforman una planta de trituración se describe en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Sistemas y equipos de una planta de trituración de piedra caliza

| SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CALIZA | |
|--|--|
| Equipos | Tolva |
| | Compuerta |
| SISTEMA DE TRANSPORTE POR PLACAS METÁLICAS | |
| Equipos | Transportador de placas metálicas |
| | Motor eléctrico del transportador metálico |
| | Reductor de velocidad del transportador metálico |
| | Transmisión por cadena reductor-transportador metálico |
| | Transmisión por acople motor-reductor de transportador metálico |
| | Tablero eléctrico de control del transportador metálico |
| SISTEMA DE TRANSPORTE POR BANDA | |
| Equipos | Transportador de material por banda |
| | Motor eléctrico de banda transportadora |
| | Reductor de velocidad de banda transportadora |
| | Transmisión por acople motor-reductor de banda transportadora |
| | Transmisión por cadena reductor-banda transportadora |
| | Tablero eléctrico de control de banda transportadora |
| SISTEMA DE TRANSPORTE POR TORNILLO HELICOIDAL | |
| Equipos | Transportador de tornillo helicoidal |
| | Motor eléctrico del transportador de tornillo helicoidal |
| | Reductor de velocidad del transportador de tornillo helicoidal |
| | Transmisión por acople motor-reductor |
| | Transmisión por banda reductor- transportador de tornillo helicoidal |
| | Tablero eléctrico de control de transportador de tornillo |
| SISTEMA DE ELEVACIÓN DE MATERIAL POR CANGILONES | |
| Equipos | Elevador de cangilones |
| | Motor eléctrico de elevador de cangilones |
| | Reductor de velocidad del elevador de cangilones |
| | Transmisión por acople motor-reductor |
| | Transmisión por banda reductor-elevador de cangilones |
| | Tablero eléctrico de control de elevador de cangilones |
| SISTEMA DE TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA | |
| Equipos | Triturador de martillos |
| | Motor eléctrico del triturador |
| | Transmisión por acople motor-triturador |
| | Tablero eléctrico de control del triturador |

Continúa

Continua

| SISTEMA DE LUBRICACIÓN DE TRITURADOR | |
|--|--|
| Equipos | Bomba para distribución de lubricante |
| | Bomba para recirculación de lubricante |
| | Motor eléctrico para distribución de lubricante |
| | Motor eléctrico para recirculación de lubricante |
| | Intercambiador de calor de enfriamiento de aceite (radiador) |
| | Ventilador para enfriamiento de aceite |
| | Motor eléctrico de ventilador |
| | Transmisión por acople motor-ventilador para enfriamiento de aceite |
| | Transmisión por acople motor- bomba para distribución de lubricante |
| | Transmisión por acople motor- bomba para recirculación de lubricante |
| | Válvulas, tuberías y accesorios |
| Tablero eléctrico de control | |
| SISTEMA DE CRIBADO | |
| Equipos | Criba Vibratoria |
| | Motor eléctrico de criba |
| | Transmisión por banda motor-criba |
| | Tablero eléctrico de control de criba |
| COLECTOR DE POLVO | |
| Equipos | Filtro de mangas |
| | Válvulas, tuberías y accesorios |
| COMPRESIÓN DE AIRE PARA LIMPIEZA DE COLECTOR DE POLVO | |
| Equipos | Compresor de aire tipo pistón |
| | Motor eléctrico de compresor |
| | Transmisión por banda motor-compresor |
| | Válvulas, tuberías y accesorios de compresor |
| | Depósito de almacenamiento de aire |
| Tablero eléctrico de control de compresor | |
| SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA COLECTOR DE POLVO | |
| Equipos | Ventilador |
| | Motor eléctrico del ventilador |
| | Transmisión por acople motor-ventilador |
| | Base de hormigón de ventilador |
| | Tablero eléctrico de control de ventilador |
| SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA | |
| Equipos | Generador de CA |
| | Motor de combustión |
| | Bomba de alimentación de combustible |
| | Bomba de aceite para lubricación de motor |
| | Bomba de agua para enfriamiento de motor |
| | Intercambiador de calor de enfriamiento de motor (radiador) |
| | Ventilador para enfriamiento de motor |
| | Transmisión por acople motor de combustión-generador |
| | Depósito de combustible |
| | Válvulas, tuberías y accesorios |
| | Tablero eléctrico de control |

Fuente: SISMAC, 2015

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.1 Triturador de martillos

Las máquinas trituradoras de martillo se encargan de la fragmentación de materiales de alta o media dureza a través de impactos o golpes producidos en el interior de una cámara de trituración, por lo que funcionan a altas velocidades, por lo tanto, se exponen a elevadas tasas de desgaste. El

accionamiento es por medio de un motor eléctrico que transmite energía mecánica para el movimiento del rotor del triturador (discos y martillos montados sobre un eje). Es importante mencionar, que son muy utilizadas en la industria del cemento para reducción primaria de calizas duras o semiduras (Labahn, y otros, 1985, pp.77-79). El funcionamiento se describe en la Tabla 2-2.

Los trituradores de martillos se componen principalmente de: rotor (discos y martillos montados sobre un eje), zona de alimentación, placas de revestimiento y motor eléctrico.

Tabla 2-2: Funcionamiento del triturador de martillos

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|--|---|
|  <p>Figura 2-2. Triturador de martillos Fuente: (Formats Construction Machinery Co., Ltd, 2014)</p> | <p>El material es descargado desde una tolva de alimentación e ingresa por una zona de carga al triturador, inmediatamente el material entrante es sometido a impactos por parte de los martillos que se mueven radialmente como se observa en la Figura 2-2 , y a repetidos choques entre material y contra las placas del revestimiento del triturador, la reducción de tamaño del material se define por la abertura de paso que queda entre los martillos y las placas de revestimiento, este proceso se produce por el accionamiento de un motor eléctrico que brinda la energía mecánica para hacer girar los martillos. Finalmente, el material triturado es descargado por una salida existente al fondo de esta máquina para ser llevado a otro proceso (Labahn, y otros, 1985, pp.77-79).</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.2 Banda transportadora

Es un sistema que sirve para transportar continuamente cargas aisladas, bultos y material granular a través de una banda que se mueve entre dos tambores. Su accionamiento se realiza por motores eléctricos y su instalación es independiente de la condición y capacidad del terreno, pero presentan inconvenientes en rutas curvas y son sensibles a materiales duros y gruesos (Labahn, y otros, 1985, pp.255-259).

Los transportadores por banda son eficientes para el transporte de material a granel y aseguran la continuidad de procesos. Están constituidas principalmente por: una banda, tambores, estaciones de cilindros, rodillos de transmisión, limpiadores de banda y motorreductor. Su funcionamiento se expone en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Funcionamiento de la banda transportadora

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|--|--|
|  <p data-bbox="279 645 683 676">Figura 3-2. Banda transportadora</p> <p data-bbox="279 689 504 716">Fuente: (DISMET, 2017)</p> | <p data-bbox="818 286 1394 640">La piedra caliza que sale de un proceso (trituración) es llevada por bandas transportadoras; estas máquinas transportan la caliza gracias a una banda continua que se mueve entre dos o más rodillos de arrastre (tambores accionados por un motorreductor), donde la banda cargada se apoya en una hilera de rodillos que forman un canal central, (ver Figura 3-2) desplazando la caliza u otro material a otro proceso; la velocidad de transporte de estas máquinas generalmente es constante.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.3 *Transportador de placas metálicas*

Los transportadores de placas metálicas son máquinas de transporte lineal de materiales con diversas granulometrías, densidades, humedades relativas y grados de abrasividad, por lo que son aptas para procesos de transporte pesado y tratamiento. Están construidas especialmente por placas metálicas unidas por bisagras generando grandes superficies de transporte, poseen elementos de tensión formados por cadenas gruesas que se mueven a través de grandes ruedas dentadas (Allert, y otros, 2015). Es importante, recalcar que estos transportadores son robustos y su velocidad es baja, por lo cual son muy utilizadas para transportar piedras de gran tamaño desde una tolva de alimentación hasta un triturador. Su funcionamiento se describe en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Funcionamiento del transportador de placas metálicas

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|---|
|  <p data-bbox="279 1765 703 1796">Figura 4-2. Transportador metálico</p> <p data-bbox="279 1809 541 1836">Fuente: (CINTACASA, 1973)</p> | <p data-bbox="828 1400 1394 1794">Otro medio para llevar la caliza de un proceso a otro son los transportadores metálicos, estas máquinas trasladan la piedra caliza generalmente de una tolva de alimentación al triturador, gracias a la unión de varias placas metálicas que forman una superficie de transporte, la cual está sujeta por bastidores y por dos ramales de cadena sin fin que están engranadas en ruedas dentadas, donde las cadenas arrastran a las placas metálicas debido a una fuerza motriz que viene de un motorreductor (Allert, y otros, 2015).</p> |

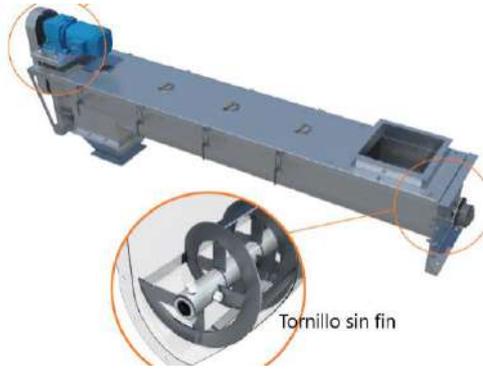
Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.4 Transportador helicoidal

Es una máquina utilizada para el transporte en forma horizontal, inclinada y vertical de materiales en forma de polvo, de grano fino y fibrosos. Estas desplazan materiales de altas temperaturas. Poseen un canalón cerrado y un tornillo giratorio cuyas espiras son de acero de 4 a 8 mm de espesor. La velocidad de rotación del tornillo depende de la carga transportada y del diámetro; para materiales pesados la velocidad de rotación se aproxima a 50 rpm y para ligeros llega hasta 150 rpm (Miravete, y otros, 2004, pp.50-52). Se debe señalar que estos son accionados por motorreductores y además poseen una zona de carga y descarga para el ingreso y salida de material.

El funcionamiento del transportador helicoidal se describe en la Tabla 5-2

Tabla 5-2: Funcionamiento del transportador helicoidal

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|--|---|
|  <p>Figura 5-1. Transportador helicoidal Fuente: (DISMET, 2017)</p> | <p>Estas máquinas transportan material (polvo) a través de un canalón cerrado de acero de gran longitud en cuyo interior, gira un tornillo que es accionado mediante un motorreductor, con el giro del tornillo el material es desplazado de acuerdo al paso y diámetro del tornillo hasta una zona de descarga (Miravete, y otros, 2004, pp.50-52).</p> <p>En plantas de trituración de caliza, los transportadores helicoidales son usados para evacuar cantidades de polvo que es recolectado por un filtro de mangas.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.5 Elevador de cangilones

Máquina utilizada para transportar materiales a granel en forma vertical o inclinada, el desplazamiento del material se realiza por medio de cangilones normalizados que se fijan a cadenas (o bandas) con estribos y tornillos especiales. Estas recogen material desde una zona de carga y la descargan a gran altura (hasta 60m) con gamas de flujo de 5 hasta 600 m³/h (Miravete, y otros, 2004, pp.50-52).

Los elevadores de cangilones están constituidos principalmente por: zona de carga y descarga, cangilones, cadenas, tambores, carcasa, motorreductor y cabeza del elevador, cuyo funcionamiento se expone en la Tabla 6-2.

Tabla 6-2: Funcionamiento del elevador de cangilones

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|--|
|  <p>Figura 6-2. Elevador de Cangilones Fuente: (DISMET, 2017)</p> | <p>Estas máquinas al igual que los transportadores metálicos o de banda llevan material (caliza) de un proceso a otro, pero en sentido vertical, esto lo logran mediante el accionamiento de un motorreductor que desplazan las cadenas sobre las cuales se fijan varios cangilones. El material es transportado desde una zona de carga a los cangilones y estos elevan el material hasta la cabeza del elevador para su descarga, que es producida por una fuerza centrífuga consecuencia de la velocidad elevada de los cangilones (Miravete, y otros, 2004, pp.50-52).</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.6 Criba vibratoria

La criba vibratoria es una máquina que se encarga de clasificar material triturado en diferentes granulometrías dependiendo de los espacios de malla de la criba (zaranda clasificadora), las cuales vibran por acción de un motor y un contra peso (Vargas López, y otros, 2016, pp.23-25). Sus principales partes son: motor eléctrico, zarandas clasificadoras, resortes y bloque excéntrico.

El funcionamiento de la criba vibratoria se muestra en la Tabla 7-2

Tabla 7-2: Funcionamiento de la criba vibratoria

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|--|
|  <p>Figura 7-2. Criba Vibratoria Fuente: (DISMET, 2017)</p> | <p>Al momento que el material (caliza) es depositado en la criba vibratoria, inmediatamente el motor eléctrico acoplado a esta máquina, produce una fuerza centrífuga que es transmitida al bloque excéntrico de la zaranda, provocando movimientos circulares; estos movimientos se intensifican gracias a resortes exteriores de la máquina ocasionando altas vibraciones en las zarandas clasificadoras separando así el material. La criba vibratoria realiza la clasificación de material proveniente de la trituración y a la vez indica posible re trituración de material.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.7 Filtro de mangas

El filtro de mangas es una máquina industrial encargada de separar partículas (sólido-gas) que son emanadas hacia la atmósfera debido a los diferentes procesos industriales; este se constituye

principalmente de: mangas filtrantes, zona de aire limpio, zona de aire sucio, válvula solenoide y tolva de colección de partículas.

El filtro de mangas retiene y elimina partículas sólidas que son arrastradas por el aire hasta unos tejidos cilíndricos (mangas), con el objetivo de reducir la contaminación atmosférica y regular el paso de residuos al ambiente; su funcionamiento se describe en la Tabla 8-2 (Gutiérrez Brenes, 2017, pp.25-27).

Las mangas de estas máquinas poseen diámetros de aproximadamente 300mm y longitudes de hasta 10 m, por lo que son eficientes para retener partículas inferiores a $1 \mu m$, e incluso trabajan con gases que llegan hasta $285 \text{ }^\circ\text{C}$, por esta razón son muy utilizados en la industria del cemento (Duda, 1977, pp.299-300).

Tabla 8-2: Funcionamiento del filtro de mangas

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|--|--|
|  <p>Figura 8-2. Filtro de mangas Fuente: (MONTIFIL, 2016)</p> | <p>Las partículas de polvo que se generan en una planta de trituración llegan hasta el filtro de mangas por medio del aire, en el interior de esta máquina, los gases con polvo pasan a través de numerosas mangas filtrantes (medio poroso), donde quedan atrapadas las partículas de polvo formando capas de suciedad, por lo que es necesario limpiar las mangas. Esta limpieza se realiza por medio de impulsos periódicos de aire comprimido enviados a través de una válvula solenoide calibrada en tiempos y pausas; con los impulsos de aire se desprende las capas de polvo de todas las mangas, el polvo desprendido cae a la parte inferior del cono del filtro para ser evacuado al exterior por un transportador helicoidal (Duda, 1977, pp.299-300). En las plantas de trituración de caliza, si estas fallan no se paralizaría la producción, pero se incrementaría la contaminación en el ambiente de trabajo.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.8 Ventilador industrial

Máquinas empleadas para el incremento de presión y movimiento de aire y otros gases (introducen o evacuan aire dentro de un espacio, ductos de ventilación, calefacción o aire acondicionado). Estas son diseñadas para trabajar a bajas presiones de hasta 2 psi, y son impulsadas por motores eléctricos por medio de acoples directos o bandas. Sus velocidades de operación varían de 600 a 1725 rpm (Mott, 2006).

Los ventiladores a diferencia de los compresores trabajan a bajas presiones y estas varían de acuerdo al tipo de ventilador (ventilador de hélice, ducto y aspas radiales); por lo tanto, los de

aspas radiales son más empleados en la industria pues suministran grandes volúmenes de aire a presiones moderadas. Su funcionamiento se explica en la Tabla 9-2.

Tabla 9-2: Funcionamiento del ventilador industrial

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|--|---|
|  <p>Figura 9-2. Ventilador Industrial Fuente: (MONTIFIL, 2016)</p> | <p>Funcionan gracias a un motor eléctrico que se encarga de mover un conjunto de aspas giratorias, estas reciben aire de ingreso por su centro y lo expulsan hacia afuera brindándole energía cinética, esta al ser reunida en una voluta se convierte en energía de presión incrementada para ser enviada por medio de ductos para su uso (Mott, 2006). En plantas trituradoras los ventiladores son utilizados para captar y llevar hasta el filtro de mangas las partículas de polvo emanadas en la industria.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.9 Compresor industrial

Los compresores industriales se utilizan para incrementar la presión provocando flujos de aire y otros gases en ductos y sistemas de tubería. En aplicaciones industriales estos desarrollan presiones elevadas, llevando hasta $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$ de aire a presiones de 60 000 psi (Mott, 2006). En la industria, se encuentran varios tipos de compresores que son utilizados de acuerdo a los requerimientos de operación y proceso, estos son de pistón lóbulos, paletas, tornillo etc.

Un compresor se compone principalmente de: grupo de compresión, motor eléctrico, depósito, válvulas y accesorios, cuyo funcionamiento se describe en la Tabla 10-2.

Tabla 10-2: Funcionamiento del compresor industrial

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|--|
|  <p>Figura 10-2. Compresor de pistón Fuente: (AtlasCopco, 2018)</p> | <p>Esta máquina funciona mediante el principio de la compresión por desplazamiento, el cual encierra un determinado volumen de gas (aire) e incrementa su presión a través de desplazamientos de una o más piezas móviles (pistones, lóbulos, tornillos, paletas) (AtlasCopco, 2018); finalmente el aire comprimido es enviado al proceso requerido por medio de tuberías. Dentro de plantas de trituración los filtros de mangas son limpiados con el aire comprimido que estas máquinas generan.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.10 Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico es un conjunto de elementos y equipos (transformadores, tableros de control, distribución, transferencia, equipos de distribución y seguridad eléctrica) que tiene por objetivo llevar energía eléctrica desde un punto de alimentación hasta sus consumidores.

En plantas de trituración, este sistema dependerá del valor de potencia requerido por la planta, si es menor a 45 kVA se requiere una instalación externa del transformador, pero si la potencia requerida es mayor a 45 kVA se instalan cámaras de transformación; en ambos casos requieren acometidas trifásicas. La instalación de un transformador, debe situarse en un lugar adecuado (ej. cuartos eléctricos), donde la energía suministrada por el transformador sea llevada a un tablero de distribución, el cual a su vez alimentará a los tableros de control de cada máquina.

Dentro del sistema eléctrico para una planta de trituración debe ser tomado en cuenta la instalación de un banco de condensadores con su respectivo tablero para mejorar el factor de potencia de cargas inductivas (motores eléctricos) y de tableros de transferencia.

2.3.10.1 Tablero eléctrico de control

Los tableros de control son equipos que contienen dispositivos de maniobra (contactores), protección (relés electromagnéticos), medición; los cuales operaran y protegen una instalación o parte de ella (Ruiz Castro, y otros, 2017, pp.38-41). Estos equipos son importantes en instalaciones eléctricas, pues a través de estos la energía eléctrica es concentrada y distribuida adecuadamente. Su funcionamiento se describe en la Tabla 11-2.

Tabla 11-2. Funcionamiento del sistema eléctrico: tablero eléctrico

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|--|
|  <p>Figura 11-2. Tablero eléctrico de control Fuente:(Ruiz Castro, y otros, 2017)</p> | <p>La energía eléctrica que circula en la red es llevada a un transformador, el cual suministra la potencia necesaria para cubrir la planta. La energía del transformador es llevada a un tablero de distribución, el cual a su vez alimentara a los tableros de control de cada máquina. Para mantenimiento, los tableros eléctricos de control deben ser considerados como equipos de los sistemas que conforman la planta de trituración.</p> |

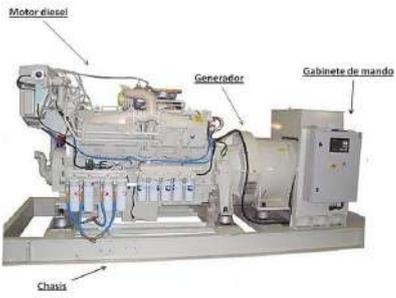
Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.11 Grupo electrógeno

Es una máquina que se compone principalmente del acoplamiento de un motor de combustión interna y un generador eléctrico (motor-generador). Su función principal es transformar la energía mecánica a eléctrica, a través de un proceso electromagnético, cuyo funcionamiento se describe en la Tabla 12-2. Los grupos electrógenos son utilizados en zonas donde existe déficit o cortes de

energía, o en lugares que requieren ininterrumpidamente el suministro eléctrico como hospitales, instituciones financieras etc.

Tabla 12-2: Funcionamiento del grupo electrógeno

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|--|
|  <p>Figura 12-2. Grupo electrógeno Fuente: (De máquinas y herramientas, 2018)</p> | <p>Ante la falta de suministro eléctrico de la red, el grupo electrógeno transforma energía mecánica en energía eléctrica, a través de la acción de un campo magnético sobre conductores eléctricos que forman una armadura llamada estator; ante la interacción electromagnética de conductores eléctricos y el campo magnético se induce una fuerza electromotriz constante obteniendo así corriente eléctrica Fuente: (De máquinas y herramientas, 2018). Los grupos electrógenos son sistemas de respaldo eléctrico, ante el déficit de energía eléctrica estos sistemas son de vital importancia para el funcionamiento de todas las máquinas de un proceso productivo.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.12 Sistema de lubricación

El sistema de lubricación es el encargado de bombear un fluido a presión y caudal de operación, cuyo objetivo es lubricar y recircular el agente lubricante desde un depósito hacia las partes móviles y puntos específicos de lubricación. Estos sistemas poseen bombas de lubricación que son de engranes, rotor y de paletas, por lo que su uso dependerá de las necesidades y condiciones de operación. Su funcionamiento se describe en la Tabla 13-2.

Tabla 13-2: Funcionamiento del sistema de lubricación

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|--|
|  <p>Figura 13-2. Sistema de lubricación Fuente: (Formats Construction Machinery Co., Ltd, 2014)</p> | <p>Los componentes de este sistema son: bomba de lubricación, motor eléctrico, intercambiador de calor, depósito de lubricante, tuberías.</p> <p>Al poner en marcha el motor eléctrico la bomba de lubricación distribuye el aceite o líquido lubricante desde un depósito de lubricante hasta las zonas de lubricación, la bomba se encarga de mantener la presión y el caudal que requiere el sistema lubricado. En trituradores las chumaceras y partes sometidas a fricción se lubrican por medio de este sistema, debido a las condiciones de su funcionamiento y robustez.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.3.13 Tolva de alimentación

Las tolvas de alimentación son piezas que son utilizadas para facilitar la carga y descarga de fluidos y materiales granulados (ver Tabla 14-2), por lo que son construidos bajo parámetros técnicos, ambientales y propiedades mecánicas del material (Cobos Gutiérrez , y otros, 2001).

Las tolvas tienen generalmente forma de embudos y se componen de tres partes principales: boquilla o zona de salida, compuerta y tolva.

Tabla 14-2: Funcionamiento de la tolva

| GRÁFICO | FUNCIONAMIENTO |
|---|---|
|  <p>Figura 14-2. Tolva de alimentación Fuente: (DISMET, 2017)</p> | <p>Las tolvas reciben y almacenan temporalmente material a ser triturado (caliza), las cuales a través de una compuerta descargan la caliza para el proceso de trituración.</p> |

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.4 Metodología de diseño

El diseño según (ARCHER, 1963) es “Seleccionar los materiales correctos y darles forma para satisfacer necesidades de función y estética dentro de las limitaciones de los medios de producción disponibles”. Ante lo mencionado este autor manifiesta que el proceso de diseño se fundamenta en tres fases: analítica, creativa y de ejecución (ver Tabla 15-2).

Desde otro punto de vista, se define al diseño como la formulación de un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema de forma innovadora y altamente repetitiva. De una buena metodología de diseño depende la correcta realización de un proyecto, la cual contemple un estudio de prácticas y procedimientos cuyo objetivo se relacione con el cómo diseñar de una forma más amplia (Torres Guasgua, y otros, 2019, pp.38-40).

El diseño no es una tarea sencilla, pues se debe considerar ciertos aspectos que son englobados dentro de una metodología, que contemple estudios y actividades pertinentes para cumplir el objetivo trazado.

Tabla 15-2: Fases de la metodología de Archer Bruce

| | FASES | ACTIVIDADES |
|-------------------|---|--|
| FASE ANALÍTICA | Definición del problema Obtención de información | Recopilar datos Ordenamiento Evaluación del proyecto Condiciones, requerimientos Estructuración y jerarquización (intervenciones para el desarrollo del proyecto) |
| FASE CREATIVA | Análisis y síntesis Desarrollo (propuestas y prototipos) | Ideas rectoras (bocetos, lluvia de ideas para solución del problema) Toma de idea básica que cumpla con requerimientos establecidos Formalización de la idea |
| FASE DE EJECUCIÓN | Comunicación Solución | Presentación de propuestas Ajuste de idea (detectar modificaciones o ajuste) Desarrollo (llevar a cabo ajustes) Materialización, implementación o producción final |

Fuente: (ARCHER, 1963)

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En el presente trabajo, el diseño de la planta virtual de piedra caliza se desarrollará a través de la metodología propuesta por Archer, la cual será adaptada con fines educativos para brindar soluciones al problema planteado.

2.5 Herramientas computacionales de diseño: software

El término software se refiere a todos los programas o instrucciones que forman parte de un ordenador, son intangibles y, en conjunto mantienen a un ordenador en funcionamiento de forma que permiten realizar tareas que se les asigne (Carzola Huaraca, y otros, 2016, pp.14-15).

Un software de diseño mecánico es aquel que gestiona una base de datos de formas geométricas (líneas, puntos, círculos, etc.), donde estas son manipuladas o controladas a través de una pantalla gráfica, a través de comandos de edición o dibujo (Aguar Jaen, 2017, pp.27-35). Por tanto, cualquier software de diseño mecánico basa su funcionamiento en tecnologías tipo CAD/CAM (Dibujo asistido por ordenador y manufactura asistida por ordenador), logrando de este modo obtener objetos en 2D y 3D.

Una de las empresas pioneras dedicada a desarrollar software de diseño mecánico y a prestar servicios para industrias de manufactura, arquitectura, construcción y medios de entretenimiento es Autodesk, de ahí que los productos desarrollados por esta empresa son utilizados por arquitectos, ingenieros y otros profesionales (AUTODESK, 2019).

Por tanto, las herramientas computacionales basan su funcionamiento en software tipo CAD o CAM, que permiten la elaboración de diseños tridimensionales, simulaciones y planos técnicos.

2.5.1 Familias de software de diseño mecánico

Existe una gran diversidad de software de diseño mecánico asistido por computadora, orientado a satisfacer requerimientos en áreas técnicas.

En la Tabla 16-2 se enlistan algunos software de diseño mecánico agrupados por la empresa desarrolladora.

Tabla 16-2: Listado de software de diseño mecánico

| PRODUCTO/SOFTWARE | APLICACIÓN |
|---|--|
| Empresa: Autodesk | |
| AutoCAD Autodesk Architectural Studio Autodesk Inventor Profesional Autodesk Civil AutoCAD Mechanical | <ul style="list-style-type: none"> • Diseño general • Arquitectura y construcción • Industria y fabricación • Infraestructura y GIS (Sistema de información geográfica) • Industria y fabricación |
| Empresa: Product Development Company | |
| ProENGINEER Pro/Desktop Pro/Mechanical | <ul style="list-style-type: none"> • Diseño de productos • Diseño compartido • Análisis FEA (Análisis de elementos finitos) |
| Empresa: Dassault Systemes | |
| CATIA SolidWorks DELMIA | <ul style="list-style-type: none"> • Diseño y análisis • Dibujo 2D y 3D • Ingeniería concurrente (metodología orientada a integrar el diseño de productos y procesos sistemáticamente y simultanea) |
| Empresa: UGS(uniión de las empresas) | |
| Solid Edge NX E-Factory | <ul style="list-style-type: none"> • Dibujo 2D y 3D • Desarrollo de productos • Ingeniería concurrente |

Fuente: (Chaur Bernal, 2004)

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.5.1.1 Autodesk Inventor

Autodesk Inventor es un software de dibujo asistido por computadora, que sirve para el diseño, representación y simulación de sólidos en 3D. Una característica importante de inventor es iniciar el diseño a través de “bocetos” que son la base para la construcción de modelos tridimensionales (Chaur Bernal, 2004, pp.61-97).

Por lo tanto, Autodesk Inventor es una herramienta idónea para el diseño mecánico de alta ingeniería cuyas funciones se describen en la Figura 15-2.

En el presente trabajo se utilizará Autodesk Inventor para el diseño de la planta trituradora de piedra caliza debido a la gran funcionalidad que presenta este software para el diseño y simulación de objetos tridimensionales.

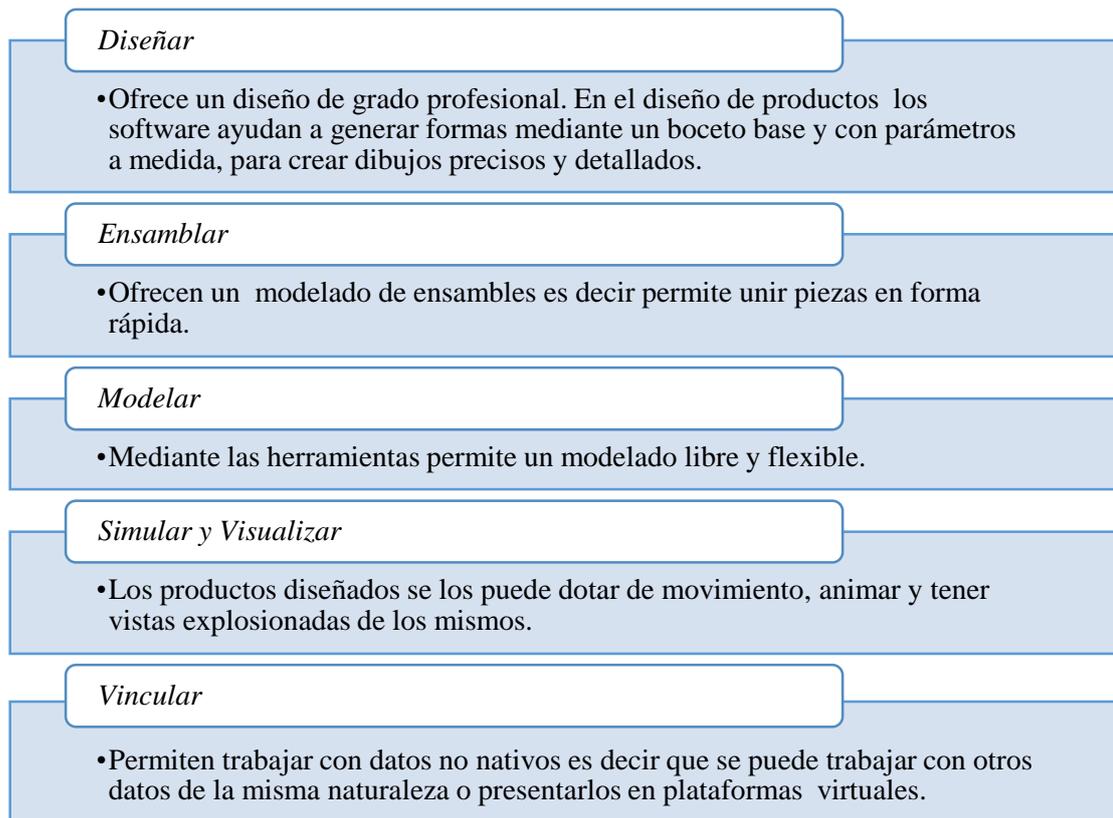


Figura 15-2. Principales funciones de Autodesk Inventor

Fuente: (AUTODESK, 2019)

2.6 Generalidades del mantenimiento

Con el desarrollo de procesos industriales, la función del mantenimiento tomó un rol importante, tanto en empresas grandes como pequeñas, buscando conservar equipos e instalaciones durante el mayor tiempo posible con el máximo rendimiento y la más alta disponibilidad (García Garrido, 2010; pp.1-2).

El mantenimiento dentro de plantas industriales juega un papel importante puesto que sus procesos productivos comprenden sistemas o maquinaria de diferente índole, los cuales deben funcionar de forma óptima, dentro de niveles pertinentes de eficacia, eficiencia y calidad. Por tanto, el mantenimiento es imprescindible para la conservación de máquinas o equipos y debe ser considerado desde el diseño o proyecto de los mismos.

Ante lo mencionado en el presente trabajo de titulación, se desarrollará el plan de mantenimiento preventivo para los equipos y sistemas que se diseñarán, los cuales son de naturaleza industrial, obteniendo una planta virtual con su respectivo plan, herramienta didáctica que permitirá mejorar el aprendizaje de este tipo de plantas.

2.6.1 Definición de mantenimiento

La Norma Europea EN 13306, es un documento normativo y estandarizado que hace referencia a términos y definiciones utilizadas en mantenimiento, con el objetivo de tener un lenguaje común en este campo.

Según la norma UNE-EN 13306, define al mantenimiento como la “combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo a un estado en el que puede desempeñar la función requerida (UNE- EN 13306, 2018).

2.7 Tipos de Mantenimiento

De acuerdo a la norma UNE-EN 13306 (2018), los tipos de mantenimiento se sintetizan en las siguientes clasificaciones principales: mantenimiento preventivo y correctivo cuando no hay cambios en las características de diseño; mantenimiento de mejora que busca efectuar cambios en las características intrínsecas dadas por diseño (ver Figura 16-2).

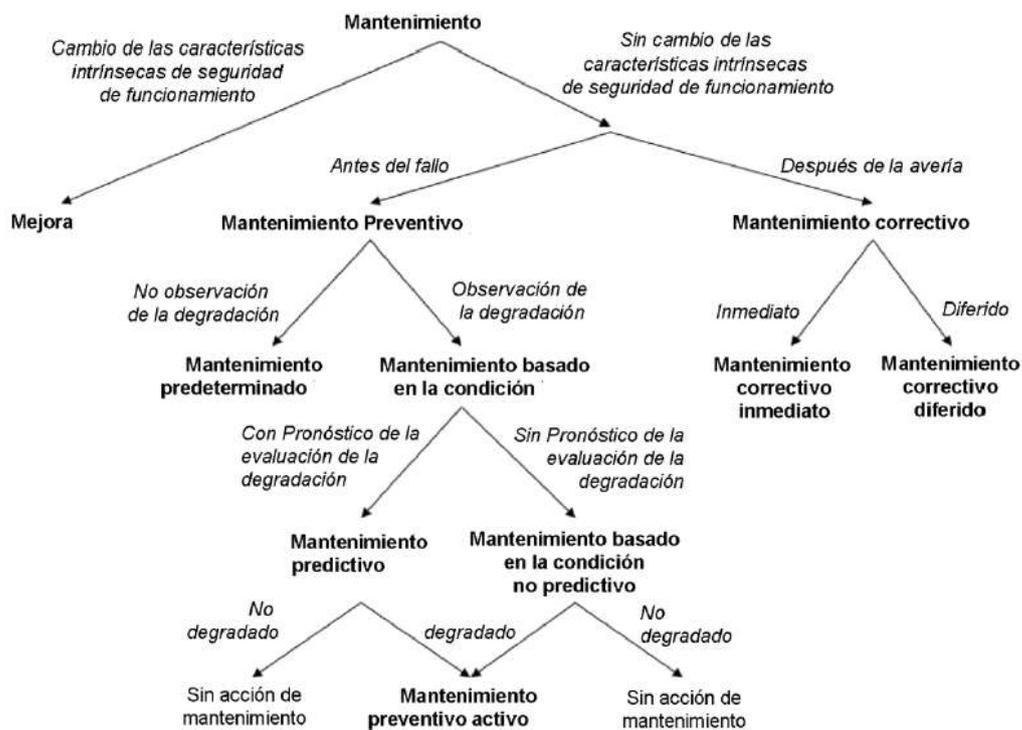


Figura 16-2. Tipos de mantenimiento

Fuente: (UNE- EN 13306, 2018)

Cada tipo de mantenimiento tiene su respectiva definición, en la Tabla 17-2 se resume estos conceptos que fueron tomadas de la norma UNE EN 13306.

Tabla 17-2: Resumen de los tipos de mantenimiento

| TIPOS DE MANTENIMIENTO | SEGÚN UNE-EN 13306:2018 |
|---|---|
| <i>Mantenimiento preventivo</i> | Mantenimiento ejecutado a intervalos predeterminados con el fin de reducir la probabilidad de falla. |
| <i>Mantenimiento predeterminado</i> | Mantenimiento preventivo ejecutado a intervalos de tiempo establecidos o unidades operadas, sin conocer la condición del elemento. |
| <i>Mantenimiento basado en la condición</i> | Mantenimiento preventivo que consiste en observar, inspeccionar, monitorear la condición de los parámetros de un elemento/sistema |
| <i>Mantenimiento predictivo</i> | Mantenimiento basado en la condición efectuado mediante una predicción obtenida de análisis y evaluación de parámetros significativos de un elemento. |
| <i>Mantenimiento correctivo</i> | Ejecutado después del reconocimiento de una avería para recuperar la función requerida |
| <i>Mantenimiento correctivo diferido</i> | Mantenimiento correctivo que es retrasado debido a reglas de mantenimiento (este mantenimiento puede ser programado) |
| <i>Mantenimiento correctivo inmediato</i> | Mantenimiento correctivo realizado sin demora tras la detección de una avería. |
| <i>Mantenimiento de mejora</i> | Mantenimiento destinado a mejorar la fiabilidad, mantenibilidad, seguridad de un elemento sin alterar su función original. |

Fuente: (UNE- EN 13306, 2018)

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.8 Inventario técnico y niveles jerárquicos

Inventario técnico: es un listado descriptivo de áreas, sistemas, equipos o infraestructura de una planta. Este servirá de base para la planificación, programación, control del mantenimiento, organización de información técnica, análisis de fallas, historiales de mantenimiento etc., (García Garrido, 2010). La norma ISO 14224 “Petroleum, petrochemical and natural gas industries- Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment” (Recopilación e intercambio de datos de mantenimiento y confiabilidad de equipos de la industria petrolera, petroquímica y gas natural), presenta criterios de jerarquización que son aplicables en cualquier tipo de industria o empresa.

La norma ISO 14224 presenta nueve niveles jerárquicos , los cuales se muestran en la Figura 17-2.

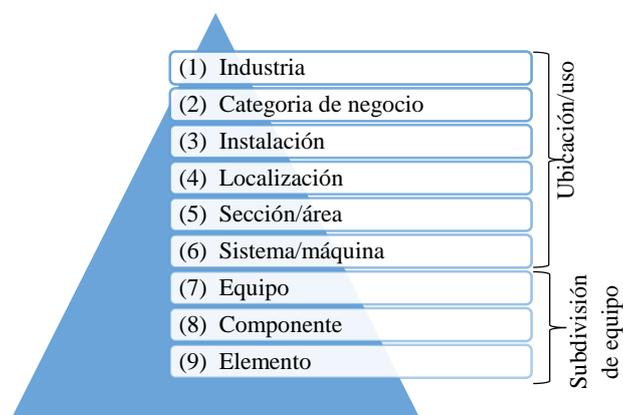


Figura 17-2. Pirámide Taxonómica ISO 14224

Fuente: (ISO 14224, 2006)

De los nueve niveles jerárquicos, los tres primeros son características del nivel cuatro (localización); de este nivel se inicia el desarrollo para el inventario técnico para mantenimiento como se presenta en la Figura 18-2.

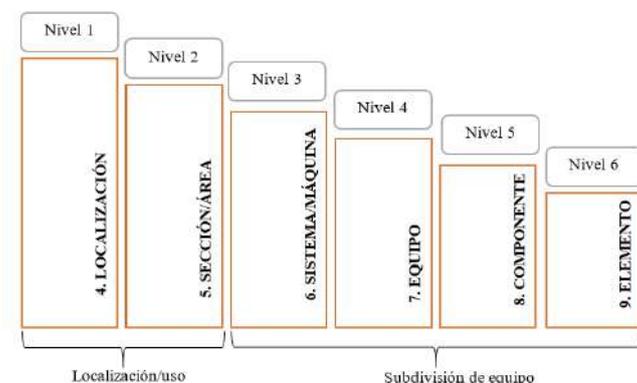


Figura 18-2. Estructura jerárquica recomendada para inventario técnico

Fuente: (ISO 14224, 2006)

2.9 Codificación del inventario técnico

Elaborado un inventario técnico de los activos a mantener, es importante asignar un código único a cada una de las máquinas y equipos. Esto facilitará su localización y permitirá visualizar la relación que existe entre cada nivel del inventario (García Garrido, 2010).

Cada nivel jerárquico del inventario técnico para mantenimiento debe poseer un código, el cual es numérico, alfanumérico o alfabético como se observa en la Tabla 18-2.

Tabla 18-2: Explicación del código de niveles jerárquicos

| Nivel jerárquico | Código | Observación | Descripción de código |
|------------------|----------------------------------|--|--|
| (1) Localización | P 01 | Código a nivel de planta Este código va acompañado de un número secuencial | P: Planta de Trituración 01: Número secuencial |
| (2) Área | B | Código a nivel de sección o área | B: Área de Trituración |
| (3) Sistema | 010 | Código a nivel de sistema o máquina | 010: Sistema de Trituración |
| (4) Equipo | EME01 MTR01 CBA01 ISE01 | Código del equipo compuesto de: familia y tipo de equipo. Códigos de familia E: Eléctricos M: Mecánicos C: Civiles I: Electrónicos Algunos códigos de tipos de equipo ME: Motor eléctrico TR: Triturador BA: Base o Apoyo SE: Sensor Este código va acompañado de un número secuencial | E: Equipo eléctrico ME: Motor eléctrico 01: Número secuencial M: Equipo mecánico TR: Triturador de martillos 01: Número secuencial C: Equipo civil BA: Base de hormigón armado 01: Número secuencial I: Equipo electrónico SE: Sensor de movimiento 01: Número secuencial |

Fuente: SISMAC, 2015

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Los códigos empleados dentro de una organización deben ser cortos, no deben incluir características técnicas y no ser repetitivos, estos deben ser entendibles y socializados por todo el personal de la organización.

En la Tabla 19-2, se muestra la estructura de codificación a utilizar.

Tabla 19-2: Estructura de código

| P01 | B | 010 | EME01 |
|--|---------------------------------|-------------------------------------|--|
| NIVEL 1 P: dígito alfabético 01: número secuencial | NIVEL 2 B: dígito alfabético | NIVEL 3 010: 3 dígitos numéricos | NIVEL 4 EME: dígitos alfabéticos 01: número secuencial |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.10 Recopilación de información técnica

La recopilación de información técnica consiste en compilar datos e información técnica de cada equipo, la cual es extraída de ciertos documentos como:

- Manuales de partes
- Manuales de mantenimiento
- Manuales de operación
- Folletos
- Planos de instalaciones etc.
- Datos de placa de los equipos

2.10.1 Fichas técnicas

Este es un documento que resume las características técnicas de un sistema, equipo o ítems, por tanto, cada tipo de equipo debe tener un modelo de ficha técnica.

Los campos de información que tienen las fichas técnicas variarán de acuerdo al sistema, equipo o ítems, pero generalmente llevan la siguiente información (Ver Figura 19-2):

- Datos Generales del equipo (código, marca, modelo, número de serie) etc.
- Datos de operación (capacidad, velocidad, tipo de material) etc.
- Datos técnicos (voltaje, corriente, potencia) etc.
- Datos específicos (largo, ancho, peso, alto).
- Fotografía.

| MODELO DE FICHA TÉCNICA DE EQUIPO | | | |
|-----------------------------------|------------------|--------------------------|--|
| EQUIPO : | | CÓDIGO: | |
| DATOS GENERALES DEL EQUIPO | | | |
| Marca | | Fotografía | |
| Modelo | | | |
| No serie | | | |
| Proveedor | | | |
| Fabricante | | | |
| Año de fabricacion | Año de operación | | |
| | | | |
| Prioridad | | | |
| Descripción del equipo | | | |
| DATOS DE OPERACIÓN | | DATOS ESPECIFICOS | |
| Temperatura | | Largo cm | |
| Presión | | ancho cm | |
| Nivel de vibracion | | Alto cm | |
| Caudal | | Peso Kg | |
| DATOS TÉCNICOS | | | |
| Potencia | | Corriente | |
| Frecuencia | | Voltaje | |
| Velocidad (RPM) | | | |

Figura 19-2. Modelo de ficha técnica

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.11 Plan de mantenimiento

Según la norma UNE EN 13306 define al plan de mantenimiento como un “conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento (UNE- EN 13306, 2018).

Las tareas de mantenimiento son actividades o trabajos específicos que tienen el propósito de disminuir la probabilidad de falla o sus efectos, en sistemas, máquinas o equipos (García Garrido, 2010).

Existe diferentes metodologías para determinar las tareas de mantenimiento estas son (Viscaíno Cuzco, 2016):

- Plan basado en recomendaciones de fabricantes.
- Aplicación de RCM (Mantenimiento centrado en confiabilidad).
- Protocolos de mantenimiento.

2.11.1 Plan de mantenimiento basado en protocolos genéricos (banco de tareas)

El método de protocolos de mantenimiento o denominado banco de tareas, se refiere a desarrollar un plan de mantenimiento basado en tipos de equipos genéricos que son usualmente hallados en una planta industrial como: motores eléctricos, bombas, tableros eléctricos, etc. (Viscaíno Cuzco, 2016, pp.36-37). En la Tabla 20-2 se presenta un listado de tipo de equipos industriales extraído de SisMAC.

Tabla 20-2: Tipos de equipos eléctricos, mecánicos, civiles

| Tipos de equipos | | | |
|------------------|---------------------------------|------|---------------------------|
| Cód. | Descripción | Cód. | Descripción |
| BB | Bomba | ST | Transmisión de movimiento |
| CB | Criba | TR | Triturador |
| CP | Compresor | TT | Transportador de material |
| DP | Depósito | VV | Ventilador |
| DM | Dámper, compuerta | GE | Generador |
| EQ | Válvulas, tuberías y accesorios | ME | Motor eléctrico |
| FM | Filtro de mangas | TA | Tablero/equipo de control |
| MC | Motor de combustión | BA | Base o Apoyo |
| RD | Reductor | | |

Fuente: SISMAC

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

La información que debe incluir un protocolo de mantenimiento es (Viscaíno Cuzco, 2016, pp.36-37):

- Especialidad del trabajo.
- Frecuencia de ejecución de tarea.
- Duración estimada de la tarea.
- Necesidad de un permiso especial.
- Si el equipo debe estar parado o en marcha para la ejecución de la tarea.

El primer aspecto para elaborar un protocolo de mantenimiento es determinar el conjunto de tareas a realizarse a un tipo de equipo, las cuales son enlistadas en la Tabla 21-2.

Tabla 21-2: Tipos de tareas de mantenimiento

| Tipos de tareas de mantenimiento | |
|--|--|
| Tipo de tarea | Descripción |
| Inspecciones sensoriales | Actividades que emplean los sentidos sin necesidad de instrumentos de medida, por lo que resultan ser rentables debido a su bajo costo. |
| Tareas de lubricación | Tareas aplicadas de forma preventiva, frecuentemente a equipos mecánicos y eléctricos, estas son rentables debido a su bajo costo |
| Lecturas y anotación de parámetros de funcionamiento | Tipo de tareas que recolectan datos de operación de equipos mediante instrumentos instalados en los mismos (manómetros); de manera que se requiere fijar rangos normales de funcionamiento del equipo. |
| Verificación de funcionamiento del equipo con instrumentos externos | Actividades que utilizan determinados instrumentos o herramientas especiales: termómetros, vibrómetros, tacómetros, analizadores de vibraciones, equipos de ultrasonido etc. Este tipo de tareas pueden requerir de intervenciones para ajustar determinados parámetros a los valores preestablecidos. |
| Limpiezas | Tareas ejecutadas de acuerdo al estado del equipo o bajo cierto tiempo sin importar como se encuentre el equipo. |
| Ajustes | Actividades realizadas dependiendo del grado de ajuste o a intervalos de tiempo. |
| Sustitución de piezas | Tipo de tareas que pueden ser realizadas en función de las horas de servicio, fecha calendario o sin comprobar su estado actual. |

Fuente: (García Garrido, 2010)

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

El propósito del presente trabajo consiste en elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la planta virtual a diseñar, el cual se obtendrá a través de protocolos mantenimiento.

2.12 Logística de mantenimiento

La logística del mantenimiento es la provisión de recursos, servicios y gestión necesarios para realizar el mantenimiento (UNE-EN 13306, 2018). De modo que el término provisión engloba ciertos elementos como:

- Mano de obra
- Repuestos y materiales
- Herramientas/Equipos
- Instrucciones o procedimientos
- Planos

Mano de obra: se refiere al personal necesario para la realización de las tareas de mantenimiento. El personal debe ser asignado acorde al tipo de tarea de mantenimiento. En la Tabla 22-2 se detalla el código de mano de obra, especialidad del técnico y la tarea a ejecutar.

Tabla 22-2: Mano de obra

| Mano de Obra | | | | |
|-----------------------------------|----------------------|--------------|--------------|-----------------|
| Tareas de mantenimiento | Cód. de especialista | Especialidad | Horas Hombre | # Especialistas |
| Aplicación de grasa en chumaceras | ME | Mecánico | 2 | 1 |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Repuestos y materiales: Indica lo que se va a utilizar para cumplir la tarea de mantenimiento. Hay que tomar en cuenta, que los repuestos son piezas reemplazables y los materiales son los elementos utilizados durante la ejecución de la tarea. En la Tabla 23-2 se describe un modelo de registro para repuestos y materiales.

Tabla 23-2: Repuestos y materiales

| Repuestos y materiales | | | | |
|------------------------|----------|--------|----------------------|-------------------|
| Material /Repuesto | Cantidad | Unidad | Valor unitario (USD) | Costo total (USD) |
| Grasa GULF CROWN EP3 | 1 | Kg | 3,00 | 3,00 |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Herramientas y equipos: Cada tarea de mantenimiento requiere herramientas y equipos específicos, de ahí la importancia de saber cuáles usar; este aspecto dependerá de cada tarea. Ejemplo destornilladores, taladros (herramientas), pirómetros, termómetros (equipos). (Ver Tabla 24-2).

Tabla 24-2: Herramientas y equipos

| Herramientas y equipos | | |
|-----------------------------------|----------|--------|
| Herramienta/Equipo | Cantidad | Unidad |
| Engrasador manual para chumaceras | 1 | und |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Instrucciones o procedimientos: Son un conjunto de acciones o pasos a seguir, cuyo objetivo es facilitar la ejecución de una tarea de mantenimiento de manera adecuada. Normalmente, los formatos de instructivos son presentados en documentos impresos, documentos digitales, videos (ver Tabla 25-2).

Tabla 25-2: Formato de instrucciones de tarea

| Instrucciones de tareas | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| Equipo | Tarea | Procedimiento |
| Transportador de placas metálicas | Aplicación de grasa en chumaceras | 1.Trabajos preliminares 2. Limpiar la pistola de grasa y calibrar la engrasadora 3. Establecer la cantidad de grasa y el periodo de engrase 4. Identificar en la chumacera la copilla de lubricación. 5. Ubicar la boquilla de la pistola en la copilla de la chumacera 6. Aplicar la grasa lentamente hasta encapsular la jaula y los elementos rodantes 7. Dejar de aplicar la grasa hasta que salga el exceso de grasa antigua 8. Limpiar la zona de salida de grasa antigua y el área de trabajo |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Planos: Documentos que muestran la ubicación, detalles constructivos, especificaciones de equipos o sistemas, son una fuente importante de consulta para mantenimiento.

2.13 Sitios web educativos como estrategias didácticas

Las estrategias didácticas proporcionan bases y elementos, que permiten tanto al docente como al estudiante lograr un determinado alcance en el desarrollo de competencias, ya que establecen técnicas de enseñanza-aprendizaje que guían el proceso educativo dentro como fuera del aula (Motiño Canales, 2013, pp.14-23). Las estrategias didácticas que se desarrollen deben apoyar a la construcción del conocimiento a través de un procesamiento pertinente de información, la cual estimule a estudiantes a observar, interactuar, analizar, buscar soluciones, etc., de modo que los estudiantes lleguen a construir su conocimiento. Ante el desarrollo de tecnologías de información y comunicación, la búsqueda de estrategias o metodologías didácticas se ha favorecido, pues hoy en día estudiantes, docentes se encuentran con un amplio abanico de posibilidades (Motiño Canales, 2013, pp.14-23). Una de estas estrategias son los sitios web educativos donde se aprende e interactúa de forma fácil y sencilla, siempre y cuando la información sea adecuada para el cumplimiento del objetivo educativo.

2.13.1 Sitios Web

Un sitio web es una compilación de varios documentos electrónicos denominados “páginas web”, que sirve para desplegar cualquier tipo de información referente a un tema determinado. Este se halla identificado por medio de un protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) y una URL (*Uniform Resource Locator*) que permiten el acceso al sitio web (Flores Orozco, 2016, pp.9-23).

Los sitios web se han convertido en una gran fuente de información de diversos temas, de manera general los más relevantes son:

- Sitios institucionales o empresariales
- Sitios informativos y educativos
- Sitios para compra y venta en internet
- Sitios para comunidades virtuales
- Sitios de juegos y entretenimiento.

Ante la diversidad de sitios web y de acuerdo al objetivo del presente trabajo en presentar una herramienta didáctica, se creará un sitio web para el diseño de la planta virtual y su respectivo plan de mantenimiento, ofreciendo un sitio informativo y educativo.

2.13.1.1 Lenguaje de programación

Para el desarrollo de páginas web existe diferentes lenguajes de programación, el más representativo es el código HTML (*Hyper Text Markup Language*) que fue diseñado en base a recursos tecnológicos para definir el contenido de una página web, es decir texto, multimedia, gráficos, efectos 2D/3D y otros aspectos como conectividad, almacenamiento, rendimiento e integración (Flores Orozco, 2016, pp.9-23). En la Figura 20-2 se muestra códigos del lenguaje HTML utilizado para el diseño de una página web. Estos códigos no se muestran en la página, pero los navegadores son capaces de traducirlos como textos, tablas, imágenes dependiendo del código.

```
3 <table style="height: 67px; width="1134">
4 <tbody>
5 <tr style="height: 57.5px;">
6 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;">[maxbutton id="12" url="30-despiece" ]</td>
7 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;">[maxbutton id="11" url="25-funcionamiento" ]</td>
8 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;">[maxbutton id="9" url="30-plan-de-mantenimiento-preventivo" ]</td>
9 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;">[maxbutton id="10" url="30-instrucciones-de-tarea" ]</td>
10 </tr>
11 <tr style="height: 57.5px;">
12 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;">[maxbutton id="7" url="30-fichas-tecnicas" ]</td>
13 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;">[maxbutton id="8" url="30-plano-tecnico" ]</td>
14 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;"></td>
15 <td style="width: 276.5px; height: 57.5px;"></td>
16 </tr>
17 </tbody>
18 </table>
19 &nbsp;
```

Figura 20-2: Lenguaje HTML de página web

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

2.13.1.2 Sistemas gestores de contenido

Un sistema gestor de contenido (CMS *Content Management System*) es una aplicación que posibilita la creación, desarrollo, administración y publicación de contenido en una página web (Ver Figura 21-2). Este utiliza plantillas fácilmente personalizables acorde a los requerimientos del usuario, sin la necesidad de poseer conocimientos profundos de programación (Camacho Castillo, 2015, p.35).

Las principales ventajas de los gestores de contenido son:

- Fácil navegación.
- Manejo sencillo e intuitivo.
- Permiten el trabajo colaborativo.
- Gestionan documentos y archivos multimedia.
- Presentan módulos personalizados.

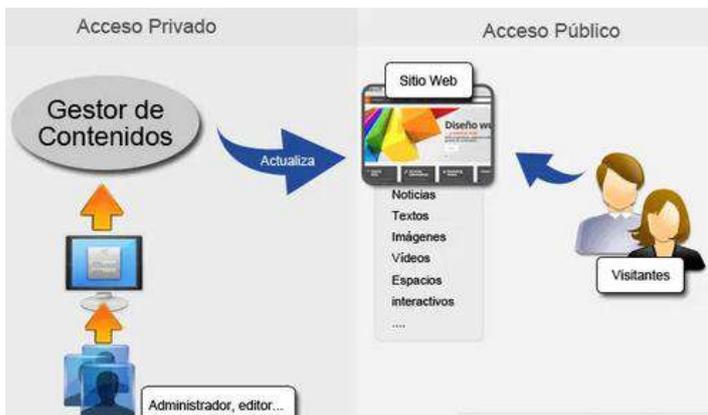


Figura 21-2. Como funciona un sistema gestor de contenido

Fuente: Neosoft

Entre los gestores de contenido para páginas web más populares, se halla “WordPress”, el cual será utilizado para diseñar el sitio web de la planta virtual

2.13.2 Sitios web educativos

Los sitios web educativos son espacios, entornos o páginas electrónicas en la web, que ofrecen información, recursos, materiales que guardan relación con el campo educativo. El contenido que presentan estos es variado, pero en sí se centra en lo informativo y didáctico (Motiño Canales, 2013, pp.14-23). La información de un sitio web educativo dependerá de la temática a ser desarrollada, esta involucra contenido de naturaleza informativa (para obtener información o datos) o pedagógica (generar un proceso de enseñanza-aprendizaje), por lo que estos son de gran utilidad para estudiantes y docentes.

Ante lo mencionado, un sitio web educativo debe contener ciertas características como las que se muestran en la Figura 22-2.

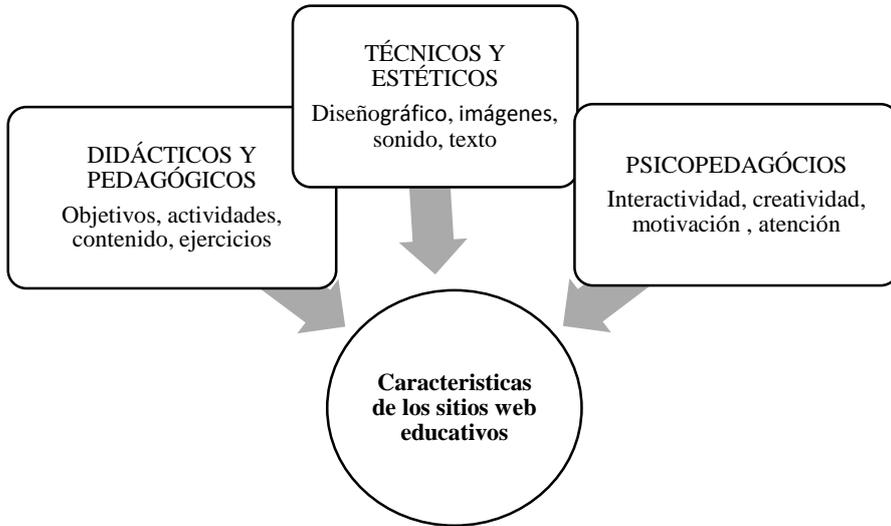


Figura 22-2: Características de sitios web educativos

Fuente: (Motiño Canales, 2013)

2.13.2.1 Tipos de sitios webs educativos

Debido a la naturaleza del contenido que tienen los sitios web educativos, estos se hallan clasificados en cuatro grandes tipos: webs institucionales, webs de recursos y base de datos, entornos de teleformación e intranets educativas y materiales didácticos web (ver Tabla 26-2).

Tabla 26-2: Tipos de sitios web educativos

| TIPOS DE SITIOS WEB EDUCATIVOS | |
|--|--|
| Naturaleza Informativa | Naturaleza Formativa |
| <ul style="list-style-type: none"> Webs Institucionales <p>Sitios web de instituciones, grupos, empresas etc., relacionados con la educación. Ejemplo: https://www.esepoch.edu.ec/</p> | <ul style="list-style-type: none"> Entornos de teleformación e intranet educativa <p>Sitios web dedicados a la educación a distancia empleando como recurso el Internet. Ala vez ofrecen entornos virtuales restringidos. Ejemplo: http://elearning.trabajo.gob.ec/login/customLogin/index.html</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> Webs de recursos y base de datos <p>Sitios web que proporcionan información, documentos, recursos educativos mediante enlaces. Ejemplo: http://bibliotecas.esepoch.edu.ec/bdatos.html</p> | <ul style="list-style-type: none"> Material didáctico web <p>Sitios web que ofrecen material utilizado en procesos de enseñanza-aprendizaje Ejemplo: https://www.duolingo.com/learn</p> |

Fuente: (Motiño Canales, 2013)

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

2.13.2.2 Difusión y socialización

El internet se ha convertido en un instrumento importante para el desarrollo académico, pues ha posibilitado que cualquier persona publique sus trabajos, proyectos, herramientas informáticas etc., lo que permite que los usuarios encuentren información actualizada de acuerdo a sus intereses (Motiño Canales, 2013, pp.14-23).

Gracias al Internet, millones de usuarios tienen acceso a sitios o aplicaciones en la web, las cuales contienen gran cantidad información sobre determinados temas y campos. Por tal razón, el internet se ha convertido en un espacio para la difusión y socialización de sitios web de manera flexible. Por otro lado, la mayoría de los usuarios cuando visitan un sitio web lo hacen rápidamente, saltándose de partes realmente importantes debido a características incorrectas de diseño de este, como su interfaz que puede resultar compleja y poca intuitivo.

Por tal razón es importante indicar al usuario la funcionalidad de un sitio web para que su visita sea de beneficio y utilidad.

3. METODOLOGÍA DE DISEÑO DE LA PLANTA VIRTUAL

De acuerdo a la metodología de Archer expuesta en la teoría, el proceso de diseño debe contener fundamentalmente tres etapas: analítica, creativa y de ejecución. Estas han sido tomadas y adaptadas para el diseño de la planta virtual de trituración de piedra caliza con fines didácticos (Ver Figura 1-3).

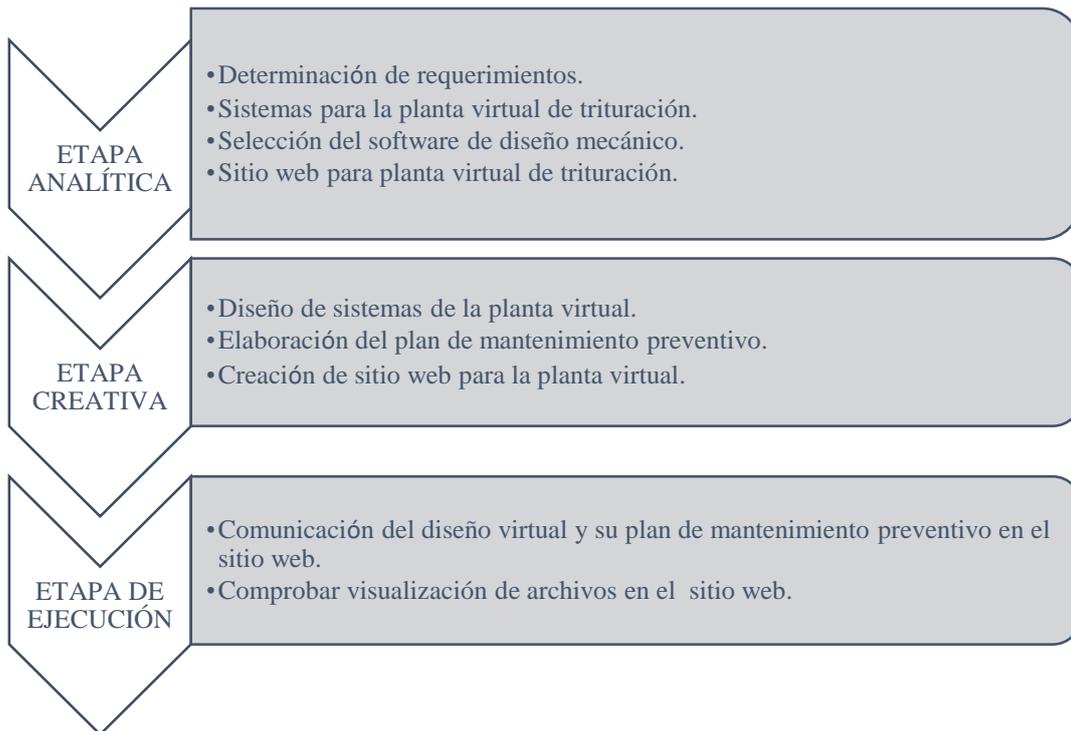


Figura 1-3. Etapas para el desarrollo del diseño virtual de la planta trituradora.

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.1 Etapa analítica

Es la primera etapa del proceso de diseño, donde se recopilará y detallará toda la información necesaria para el diseño virtual de la planta trituradora de piedra caliza.

3.1.1 *Determinación de requerimientos*

Una de las características principales de los modelos virtuales es la apariencia, la misma que debe ser lo más cercana posible a los objetos reales, de ahí la importancia para determinar requerimientos/especificaciones que estos deben cumplir.

En el presente trabajo, el modelo virtual de la planta trituradora fue diseñada de acuerdo ciertos requerimientos que permitieron crear una herramienta didáctica para la enseñanza-aprendizaje del funcionamiento y mantenimiento de trituradoras de caliza. Estos guiaron la búsqueda de información relevante para el diseño de la planta.

En la Tabla 1-3 se detallan los principales requerimientos que se tomaron en cuenta para el diseño de la planta virtual de trituración de piedra caliza.

Tabla 1-3: Requerimientos de la planta virtual

| Requerimientos | Descripción |
|----------------|---|
| Req 1 | Diseñar sistemas propios de una planta de trituración de piedra caliza real. |
| Req 2 | Simular del proceso de trituración de la planta virtual. |
| Req 3 | Visualizar el funcionamiento y despiece de los sistemas diseñados. |
| Req 4 | Elaborar planos técnicos de los sistemas de la planta de virtual. |
| Req. 5 | Dotar a los sistemas diseñados la capacidad de observar sus componentes internos. |
| Req 6 | Diseñar estructuras metálicas y escenarios acorde a las plantas trituradoras físicas. |
| Req 7 | Desarrollar un plan de mantenimiento para la planta virtual |
| Req 8 | Presentar a los estudiantes y demás personas el modelo virtual de la planta trituradora de piedra caliza con su respectivo plan de mantenimiento. |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.1.2 *Recolección de información*

El modelo a diseñar corresponde a una planta de trituración de piedra caliza, cuya información se detallará a continuación, de modo que se dé cumplimiento a los requerimientos establecidos.

3.1.2.1 *Sistemas para la planta virtual de trituración*

Para el diseño de una planta de trituración de piedra caliza, es importante tener en cuenta el proceso de trituración y los sistemas que intervendrán en el mismo, los cuales deben ser propios de trituradoras de caliza físicas. Para este fin es importante investigar sobre el funcionamiento y características de los sistemas y si es posible obtener criterios de profesionales conocedores del tema.

En este caso, para establecer los sistemas industriales del modelo virtual de la planta trituradora, se utilizó un diagrama inicial, que fue elaborado en base al proceso de trituración real y a criterios emitidos por personas conocedoras del tema.

En la Figura 2-3, se muestra el diagrama inicial para la planta virtual de trituración, donde se visualiza la ubicación de cada sistema en el proceso y el recorrido de la materia prima (caliza) hasta llegar al producto deseado.

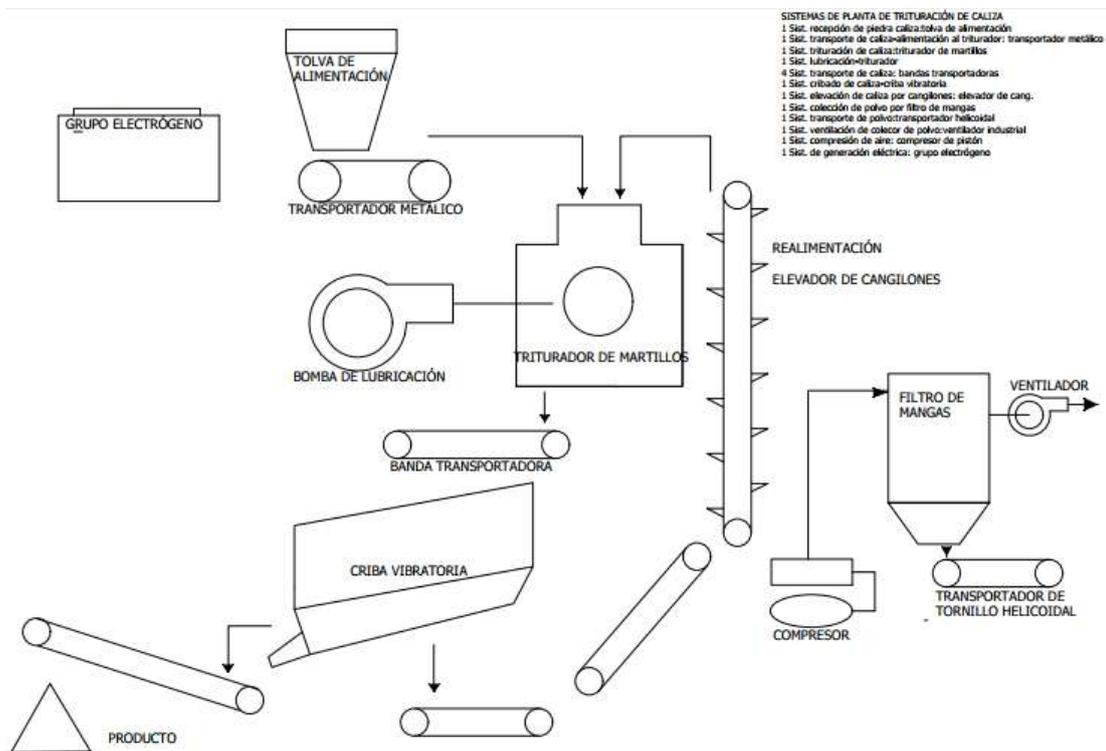


Figura 2-3. Diagrama de proceso inicial de la planta de trituración a diseñar

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.1.2.2 Especificaciones de sistemas

Cada sistema de una planta de trituración posee ciertas especificaciones técnicas y funcionales inherentes que deben ser recolectadas y analizadas para el proceso de diseño. Recalcando que en la teoría se encuentra expuesta información detallada sobre los sistemas de trituración de piedra caliza, relacionada a su funcionamiento y características, datos que fueron utilizados para alimentar esta etapa.

La identificación de equipos junto con sus especificaciones técnicas y funcionales permitió crear un modelo virtual lo más parecido a una planta de trituración real. En la Tabla 2-3 se exponen las especificaciones técnicas (capacidad, potencia) y algunas características funcionales de todos los sistemas diseñados.

Tabla 2-3: Especificaciones técnicas y funcionales de los sistemas a diseñar

| Sistema de recepción de piedra caliza | | |
|---|---|---|
| Equipos | Especificaciones técnicas | Especificaciones funcionales |
| -Tolva -Compuerta | -Revestimiento interno robusto -Descarga por medio de un transportador metálico | -Almacenamiento temporal de grandes rocas de caliza (aprox. 500mm) |
| Sistema de transporte de caliza- alimentación al triturador | | |
| -Transportador de placas metálicas -Motor eléctrico -Reductor de velocidad -Transmisión por cadena reductor-transportador metálico -Transmisión por acople motor-reductor del transportador metálico -Tablero eléctrico de control | -Potencia de motor: 10 HP -Capacidad: 200 TPH -Inclinación del transportador: 0° | -Orientación horizontal de funcionamiento -Bajas velocidades de operación (aprox. 25 rpm) - Transporte de caliza |
| El transportador de placas metálicas es una máquina de gran tamaño y robustez, pues la caliza a ser transportada desde la tolva de alimentación, es de gran tamaño. | | |
| Sistema de trituración de caliza | | |
| -Triturador de martillos -Motor eléctrico -Transmisión por acople motor-triturador de martillos -Tablero eléctrico de control | -Capacidad: 500 TPH -Potencia motor: 700 HP -Blindaje de paredes por placas de revestimiento -N° martillos: 44 | - Alimentación de rocas de caliza de 500 mm aprox. - Descarga de rocas de tamaño de 100 mm aprox. -Triturar caliza con mínimo contenido de humedad |
| El triturador de martillos es una máquina que no presenta limitación en el tamaño de producto de entrada. Además estas máquinas poseen un sistema de lubricación independiente | | |
| Sistema de lubricación-triturador | | |
| -Bomba para distribución de lubricante -Bomba para recirculación de lubricante -Motor eléctrico de bomba para distribución de lubricante -Motor eléctrico de bomba para recirculación de lubricante -Intercambiador de calor de enfriamiento de aceite(radiador) -Ventilador para enfriamiento de aceite -Motor eléctrico del ventilador -Válvulas, tuberías y accesorios -Depósito de almacenamiento de aceite -Tablero eléctrico de control -Transmisión por acople motor-ventilador para enfriam. de aceite -Transmisión por acople motor-bomba para distribución de lubricante -Transmisión por acople motor-bomba para recirculación de lubricante | -Potencia: 7,5HP -Caudal: 25 gpm -tipo de bombas: centrifugas 1 etapa -Capacidad de depósito de almacenamiento de aceite: 105 gl | -Tipo fluido a bombear: aceite -Velocidad de operación: 1720 rpm aprox. -Altas temperaturas de fluido |
| Sistema de cribado de caliza: criba vibratoria | | |
| Criba vibratoria Motor eléctrico Transmisión por banda motor-criba vibratoria Tablero eléctrico de control | -Capacidad: 300 TPH -Potencia: 25 HP | -N° capas de criba: 1 -Amortiguación mediante muelles -Transmisión de cribas por medio de fajas trapezoidales -Transporte de caliza -Tamaño de caliza entrante: 200-250 mm aprox. -Nivel de vibración aprox 800 Hz |

Continúa

Continua

| Equipos | Especificaciones técnicas | Especificaciones funcionales |
|---|--|--|
| Sistema de transporte por banda | | |
| Transportador de banda Motor eléctrico Reductor de velocidad Transmisión por cadena de transportador de banda Transmisión por acople motor-reductor de transportador de banda Tablero eléctrico de control | -Longitud 1: 820 cm -Capacidad: 200 TPH -Potencia: 25 HP -Ancho de cinta: 500mm -Inclinación: 0° -Longitud 2: 820 cm -Capacidad: 200 TPH -Potencia: 25 HP -Ancho de cinta: 500mm -Inclinación: 0° -Longitud 3: 400 cm -Capacidad: 100 TPH -Potencia: 8 HP -Ancho de cinta: 500mm -Inclinación: 15° -Longitud 4: 1000 cm -Capacidad: 200 TPH -Potencia: 25 HP -Ancho de cinta: 500mm -Inclinación: 20° | -Poseen 3 rodillos de carga que forma cada estación de cilindros. - Transporte de caliza. -Velocidades de operación: 1100 rpm aprox. |
| El número de estaciones de cilindros dependerá de la longitud del transportador, en este caso se diseñaron 4 transportadores con diferente inclinación. | | |
| Sistema de elevación de caliza por cangilones: elevador de cangilones | | |
| Elevador de cangilones Motor eléctrico Reductor de velocidad Transmisión por banda reductor-elevador de cangilones Transmisión por acople motor-reductor de elevador de cangilones Tablero eléctrico de control | -Capacidad: 90 TPH -Potencia: 600 -Alto: 2972 cm aprox -Inclinación: 0° | -Velocidad de operación: 155-175 rpm aprox. -Transporte de caliza |
| Sistema de colección de polvo por filtro de mangas | | |
| Filtro de mangas Válvulas, tuberías y accesorios de filtro de mangas | -Flujo de aire máx.: $12500 \frac{m^3}{h}$ -Presión de trabajo: 4000 Pa. | -Sistema de limpieza de mangas: chorro de aire comprimido |
| Sistema de transporte de polvo del colector: transportador de tornillo helicoidal | | |
| Transportador de tornillo helicoidal Motor eléctrico Reductor de velocidad Transmisión por acople motor-reductor Transmisión por acople reductor-transportador de tornillo helicoidal Tablero eléctrico de control | -Capacidad: 1TPH -Potencia: 15 HP | - Instalado en la parte inferior del filtro de mangas -Transporte de polvo de caliza -Velocidad de operación: 1,5 m/s aprox. |
| Sistema de ventilación del colector de polvo: ventilador industrial | | |
| Ventilador Motor eléctrico de ventilador industrial Transmisión por acople motor-ventilador industrial Base de hormigón del ventilador industrial Tablero eléctrico de control | -ventilador tipo radial -Potencia: 50 HP | -Fluido manejado: aire -Velocidad operación: 1720 rpm aprox. |

Continua

Continúa

| Sistema de compresión de aire comprimido para colector: compresor de pistón | | |
|---|--|--|
| Compresor de aire tipo pistón Motor eléctrico de compresor Depósito de almacenamiento de aire Transmisión por banda motor-compresor de aire tipo pistón Tablero eléctrico de control Válvulas, tuberías y accesorios de compresor | -Potencia 25 HP -Caudal: 45 CFM -Presión: 85 psi | -Velocidad operación: 1180 rpm aprox. Tipo fluido: aire |
| Sistema de generación eléctrica: grupo electrógeno | | |
| Generador de CA Motor de combustión Intercambiador de calor de enfriamiento de motor (radiador) Transmisión por acople motor de combustión-generador de CA Depósito de combustible Válvulas, tuberías y accesorios Tablero eléctrico de control | -Potencia aparente: 300kVA | - Generación eléctrica de emergencia |

Fuente: SISMAC, 2015

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.1.3 Herramientas y recursos a utilizar

Para diseñar e implementar el modelo virtual de la planta de trituración de piedra caliza se utilizaron las siguientes herramientas y recursos.

3.1.3.1 Software de diseño mecánico

Un aspecto primordial a considerar dentro de la etapa analítica es el software de diseño mecánico, pues fue la herramienta fundamental para diseñar la planta virtual. Para esto se preseleccionó software de dibujo asistido por computadora (CAD), distinguiendo aquellos que son muy utilizados por estudiantes para diseñar proyectos industriales con enfoques 3D, luego se definieron ciertos requisitos o exigencias que permitieron elegir el adecuado.

Los software preseleccionados fueron: SolidWork, Autodesk Inventor, AutoCAD, Catia, recursos tecnológicos muy utilizados para el diseño asistido por computadora.

En la Tabla 3-3, se describen los criterios que se establecieron para elegir el software de diseño, para esto fue necesario analizar cada uno y verificar cuál se ajusta a los criterios planteados. El análisis realizado permitió seleccionar a Autodesk Inventor como la herramienta adecuada para el desarrollo de la planta virtual.

Tabla 3-3: Selección del software de diseño mecánico

| SELECCIÓN DE SOFTWARE | | | | | |
|--|---|-----------------------------|-------------------|-------|---------|
| Criterio de selección | Descripción del criterio | Software de diseño mecánico | | | |
| | | SolidWorks | Autodesk Inventor | Catia | AutoCAD |
| Accesibilidad | Apertura para descargar/instalación | X | X | | X |
| Inversión | Inversión del diseñador. Software sin costo, versión demo, licencia gratuita | X | X | | X |
| Visualización de proyectos sin el software | Herramientas para compartir y visualizar los proyectos de diseño sin utilizar software | | X | | X |
| Funciones mínimas del software | Presenta funciones mínimas de modelado en 2D Y 3D, ensambles, animación, despieces, planos técnicos | X | X | X | |
| Facilidad de manejo | Software con funciones sencillas e intuitivas | | X | | X |
| Calidad de diseños tridimensionales | Diseños 3D de alta definición, para la presentación de procesos virtuales, con opciones para modificar materiales, apariencias de aspecto industrial. | X | X | X | X |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Inventor es un software de dibujo asistido por computadora, cuyo principal enfoque es el diseño y simulación de proyectos 3D, además por su utilización como recurso de diseño existe varias plataformas digitales que ayudan a su instrucción.

En la Tabla 4-3, se presenta una hoja de datos relevantes de Autodesk Inventor.

Aspectos de trabajo del software de diseño seleccionado

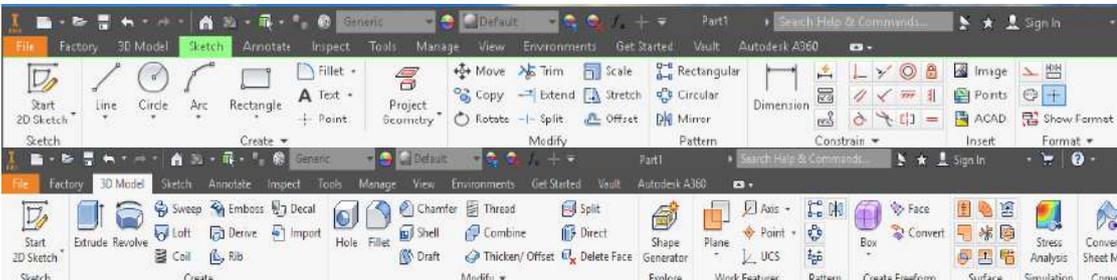
Como herramienta principal para el diseño, animación, despiece y elaboración de planos técnicos de los sistemas de la planta virtual se utilizó Autodesk Inventor (versión demo), por lo que es importante mencionar ciertos aspectos de trabajo de esta herramienta.

El diseño de objetos tridimensionales en Inventor se inicia con el dibujo de bocetos 2D, luego estos son transformados en sólidos y finalmente son ensamblados hasta obtener el diseño planteado; por lo que es importante conocer los formatos de extensión en el cual trabaja Autodesk Inventor para la creación de partes es “ipt”, y para ensambles es “iam”. Por tanto, el diseño en Autodesk Inventor se basa en los siguientes parámetros:

- **Boceto 2D:** se refiere al conjunto de figuras geométricas trazadas en dos dimensiones.
- **Sólido:** generación de bocetos 2D en tres dimensiones. Es importante aclarar que en Inventor los sólidos van tomando forma de acuerdo a la creación ordenada de bocetos.

- **Ensamble:** representa la unión de sólidos, ya sea para formar equipos o sistemas.

Tabla 4-3. Hoja de resumen de Autodesk Inventor

| AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2018 | | | |
|--|---|--|-----------------------------|
| Información general Nombre: Autodesk Inventor Empresa desarrolladora: Autodesk Versión: 2018 Idioma: inglés Campo de aplicación: Industria y Fabricación | |  | |
| Requerimientos de hardware | | Requerimientos de software | |
| Procesador | Core i7 o equivalente, 3 GHz o superior | Sistema operativo | Windows 7/8/8.1/10/ 64-bit. |
| Memoria RAM | 20 GB | Microsoft Office (64 bit) | Para exportar contenido |
| Disco Duro | Instalador además de instalación completa: 40 G | | |
| Beneficios del software <ul style="list-style-type: none"> • Presenta funciones de modelado en 2D y 3D fáciles e intuitivas de usar. • Crea y guarda datos en varios archivos asociados, los cuales tienen su propia extensión de archivo para su identificación: ipt, iam, dwg, ipn. IPT: crea y guarda modelos de piezas en 3D. IAM: crea y guarda modelos de ensamblajes en 3D. IPN: crea y guarda despieces de ensamblajes. DWG: almacena datos de dibujo en 2D (planos técnicos de dibujo). <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de importar los proyectos diseñados a través de imágenes o documentos (pdf). • Disponibilidad en versión Demo. | | | |
| Barra de herramientas principales Para diseño 2D Y 3D:  | | | |
| Para ensamble:  | | | |
| Para simulación:  | | | |
| Para elaboración de planos técnicos:  | | | |

Fuente: (AUTODESK, 2019)

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Para la elaboración de bocetos 2D, sólidos, ensamblajes Autodesk Inventor presenta ciertos comandos de dibujo y de ensamblaje en sus barras de herramientas, los cuales se enlistan en la Tabla 5-3.

Tabla 5-3: Comandos de Inventor para la creación y ensamblaje

| | COMANDOS | DESCRIPCIÓN |
|-------------------|----------------------------|--|
| BOCETOS 2D | <i>Line</i> | Dibuja una recta entre dos puntos |
| | <i>Circle</i> | Crea círculos de distintas dimensiones |
| | <i>Arc</i> | Traza un arco a partir de 3 puntos |
| | <i>Rectangle</i> | Traza un rectángulo a través de 2 o tres puntos |
| | <i>Fillet</i> | Coloca un arco determinado en una esquina o intersección de dos líneas |
| | <i>Symmetric</i> | Refleja elementos seleccionados a través de un eje patrón |
| | <i>Tangent</i> | Permite que líneas sean tangentes a otras curvas o círculos |
| | <i>Trim</i> | Permite remover una parte o línea no deseada. |
| SÓLIDOS | <i>Extrude</i> | Crea un cuerpo agregando profundidad |
| | <i>Revolve</i> | Crea un cuerpo al revolver uno o más bocetos sobre un eje |
| | <i>Sweep</i> | Barre uno o más bocetos a lo largo de una ruta seleccionada para crear un cuerpo |
| | <i>Hole</i> | Perfora piezas sólidas de manera circular. |
| | <i>Fillet</i> | Crea acabados angulares exactos. |
| | <i>Chamfer</i> | Aplica un bisel a los bordes de un componente más |
| | <i>Shell</i> | Redondea bordes o caras |
| | <i>Rectangular Pattern</i> | Crea sólidos o cuerpos duplicados y los organiza en filas o columnas |
| | <i>Circular Pattern</i> | Crea sólidos o cuerpos duplicados y los organiza en un arco o patrón circular. |
| | <i>Mirror</i> | Crea un nuevo cuerpo a la misma distancia a través de un plano |
| | <i>As material</i> | Biblioteca de materiales de inventor para brindar un acabado a los sólidos |
| | <i>Plane</i> | Crea un plano de construcción que se adjunta paramétricamente a otros objetos. |
| ENSAMBLE | <i>Place</i> | Especifica uno o más archivos "ipt" para colocar como componente en un ensamblaje |
| | <i>Constrain</i> | Crea restricciones de posición y comportamiento para los sólidos del ensamblaje. Estas pueden ser tipo <i>mate</i> , <i>angle</i> , <i>tangent</i> , <i>insert</i> |

Fuente: Autodesk Inventor, 2018

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Una de las opciones que presenta Autodesk Inventor para trabajar en el desarrollo de diseños, es la elaboración de planos técnicos, la cual permite acotar una pieza, equipo o máquina en una hoja de trabajo en 2D en escala de milímetros (mm), cuyo formato de extensión se identifica como *dwg*. En la hoja de trabajo, Inventor se encarga de importar el diseño a acotar en cuatro vistas diferentes, lo que es de mucha ayuda para el dimensionamiento. En la Tabla 6-3 se presenta los comandos que se utilizan para la elaboración de planos técnicos en Inventor.

Tabla 6-3: Herramientas para acotar planos técnicos en Inventor

| Comando | Descripción |
|------------------|---|
| <i>Base</i> | Crea la primera vista de un sólido (inferior, superior, frontal, lateral) del diseño a ser acotado, además establece la escala y el estilo de la vista. |
| <i>Projected</i> | Genera una vista isométrica a partir de una vista base de un sólido |
| <i>Dimension</i> | Agrega dimensiones de dibujo a vistas de un sólido |

Fuente: Autodesk Inventor, 2018

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Para la animación y despiece Autodesk Inventor trabaja con tiempos y movimientos, los cuales son programados en una hoja denominada “presentación” cuyo formato de extensión se identifica por “ipn”. En Inventor, el proceso de animación es desarrollado a través del funcionamiento del equipo, máquina o sistema diseñado, mientras que el despiece se lo lleva a cabo en función de los componentes y equipos. En ambos procesos es posible utilizar la opción “cámara”, que permite enfocar desde distintos ángulos el proyecto de diseño, ocasionando que este adopte características interactivas y llamativas durante la animación y despiece.

Ante lo mencionado en la Tabla 7-3 se describen los comandos que se usaron para la animación y despiece.

Tabla 7-3: Herramientas de Inventor para la animación y despiece

| Comandos | Descripción | Observación |
|--------------------------|--|--|
| <i>Tweaks components</i> | Permite girar y mover compontes seleccionados, mediante los subcomandos: <i>rotate, move, part, duration</i> | Los movimientos generados se guardan en un panel de programación gráfico “ <i>storyboard</i> ” donde se puede ver el tiempo de inicio y fin de la acción del movimiento. |
| <i>Capture camera</i> | Guarda la posición actual de la cámara | Para crear la acción de la cámara, se debe seleccionar en el panel de programación la posición deseada y luego crear el movimiento. |

Fuente: Autodesk Inventor, 2018

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.1.3.2 Sitio web para planta virtual de trituración

Uno de los requerimientos que debe cumplir el modelo virtual de la planta, es la apertura para ser visualizado sin problemas, ya sea para utilizarla como fuente de información o herramienta didáctica. Ante este requerimiento, se propone al internet como recurso para publicar el diseño de la planta virtual, ya que este es un medio de comunicación global muy utilizado, al cual todas las personas tienen acceso con solo tener a su alcance un dispositivo que sea capaz de conectarse a la red global.

El internet ofrece varias alternativas para presentar y difundir todo tipo de información, tal es el caso de sitios web. En la actualidad crear un sitio web no es una tarea difícil, pues en el Internet se dispone de un gran volumen de información que indica cómo hacerlo; una forma sencilla de lograrlo es a través de sistemas gestores de contenido como WordPress. Por consiguiente, se plantea la creación de un sitio web para la planta virtual de trituración de piedra caliza.

Breve planificación del sitio web de la planta virtual

Tipo de web: Educativa

Definición de temática: Planta virtual de trituración de piedra caliza

Objetivo: Dar a conocer el funcionamiento de una planta de trituración de piedra caliza e información de mantenimiento.

Características del sitio web:

- Visualizar los diseños mecánicos tridimensionales de la planta virtual y sus sistemas.
- Mostrar información como: plan de mantenimiento preventivo, instrucciones de tareas, fichas técnicas, planos técnicos de los diseños mecánicos.
- Propiciar interactividad entre los usuarios.
- Aportar en el proceso enseñanza-aprendizaje.
- Navegar en el sitio web de forma intuitiva y sencilla.

Perfiles de usuario del sitio web: Personas que se involucrarán con el sitio web para la planta virtual, información que se detalla en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Perfiles de usuario de sitio web de planta virtual

| Perfiles de usuarios | |
|-----------------------------|--|
| Administradores | Autores del proyecto, los cuales a través del sitio web pueden gestionar y administrar el contenido de la misma en lo que respecta al diseño de planta virtual de trituración de piedra caliza y otra información. Funciones: Crear contenido didáctico para el sitio. Acceso a la administración del sitio web. Gestionar material didáctico. Modificar Interfaz de sitio web. |
| Estudiantes | Usuarios que ingresen al sitio web y deseen conocer sobre plantas de trituración de piedra caliza o ampliar sus conocimientos. Funciones: Visualizar el contenido didáctico. Receptar conocimiento. |
| Invitados | Personas interesadas que deseen conocer el sitio web de la planta virtual. |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Herramientas: Recursos utilizados para el desarrollo del sitio web de la planta virtual, los cuales se exponen en la Tabla 9-3.

Tabla 9-3: Herramientas a utilizar en el sitio web de la planta virtual

| Herramientas a utilizar | |
|---------------------------------|---|
| Herramienta | Característica |
| Internet | Conjunto de redes de comunicación interconectadas, utilizada para la creación del sitio web y su presentación. |
| WordPress | Sistema gestor de contenidos para páginas webs. |
| A 360 | Herramienta de Autodesk que permite, almacenar, visualizar, compartir proyectos de diseño de diferentes extensiones de trabajo. |
| Nitro Pro | Programa lector y creador de documentos PDF. |
| Microsoft Office (Word, Excel) | Aplicación de ofimática para la creación de documentos portables. |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.2 Etapa creativa

Etapa importante, pues en esta se desarrolló el diseño virtual de la planta trituradora de piedra caliza conjuntamente con su animación y despiece, donde se tomó como base la información presentada en la etapa analítica. En esta etapa también se incluyó el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo y la creación del sitio web para la planta virtual.

Es importante recalcar que el diseño virtual se desarrolló de forma que sea utilizado como fuente de información y herramienta didáctica.

3.2.1 *Diseño de sistemas de la planta virtual*

En la etapa analítica se determinó que la planta virtual de piedra caliza se constituirá de 15 sistemas industriales, por lo cual se procedió a diseñar cada sistema, a través de la utilización del software de diseño mecánico Autodesk Inventor.

3.2.1.1 *Modelo tridimensional del triturador de martillos*

En la Figura 3-3, se muestra el ensamble general del triturador de martillos, el cual fue diseñado de acuerdo a la información detallada en la Tabla 10-3.

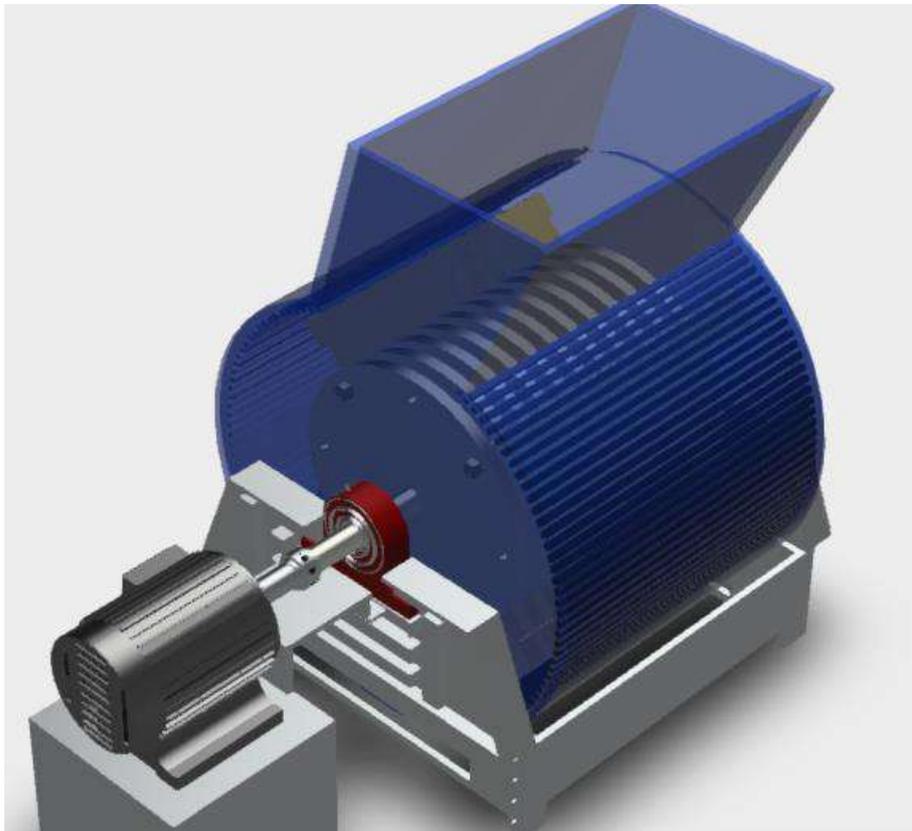


Figura 3-3. Diseño 3D del triturador de martillos

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Plano técnico

Al obtener el diseño final del triturador de martillos se elaboró el plano técnico, con el fin de visualizar todas las dimensiones de esta máquina como se muestra en la Figura 4-3.

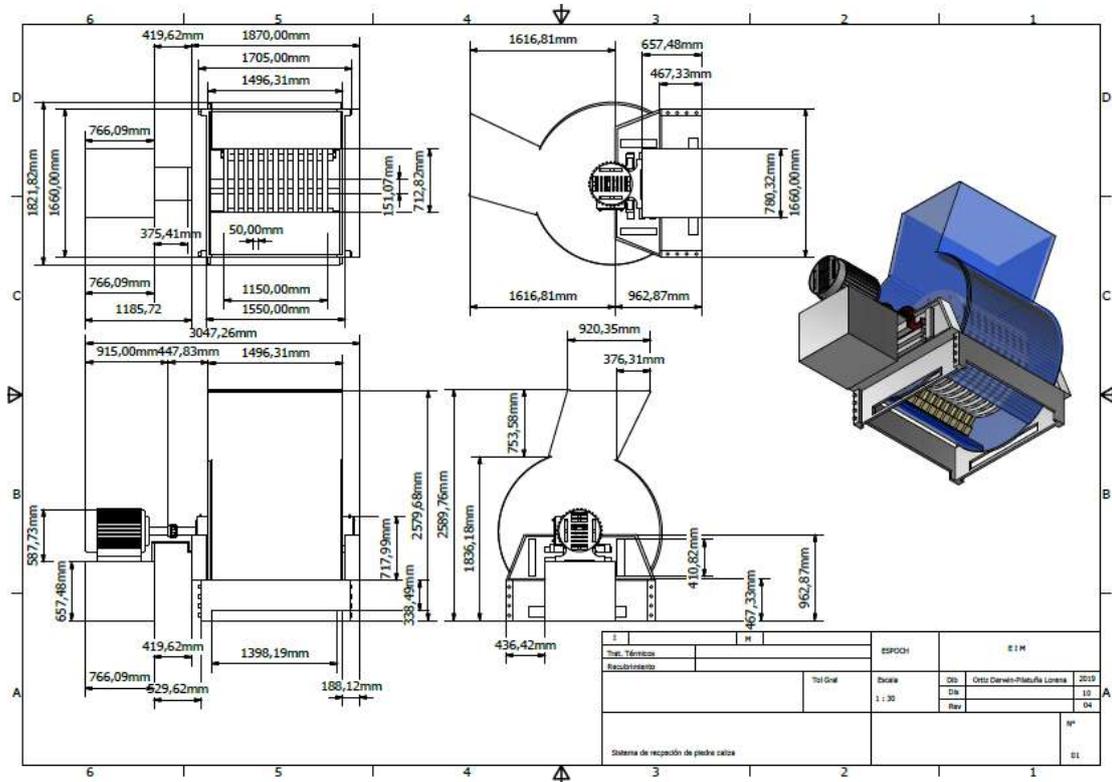


Figura 4-3. Plano técnico del triturador de martillos

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Procedimiento para elaborar el plano técnico

- Abrir en Inventor una hoja de trabajo de extensión dwg.
- Importar a la hoja de trabajo la primera vista del diseño a acotar mediante el comando *base*.
- Proyectar las vistas necesarias mediante el comando *projected*.
- Acotar las vistas mediante el comando *dimension*.
- Guardar la hoja de trabajo y exportarlo en formato PDF.

Tabla 10-3: Procedimiento de diseño del triturador de martillos

| DISEÑO DEL TRITURADOR DE MARTILLOS | |
|---|--|
| <p>Diseño de sólidos del triturador de martillos: Es la parte inicial del diseño, consiste en la creación de sólidos de partes mecánicas como se muestra en la Figura 5-3.</p> <p>A continuación, se presenta el procedimiento para diseñar sólidos: Abrir en Inventor hojas de trabajo de extensión ipt.</p> <ul style="list-style-type: none">-Trazar bocetos 2D con sus medidas respectivas, de acuerdo a la apariencia de las piezas a obtener mediante los comandos <i>line, circle, arc, rectangle, fillet, symmetric, tangent, trim</i>.-Convertir los bocetos 2D en sólidos a través de los comandos <i>extrude, revolve</i>; en caso de ser necesario apoyarse en los comandos <i>sweep, hole, fillet, chamfer, shell, rectangular pattern, circular pattern, mirror, plane</i> (ver Tabla 5-3).- Para el acabado, seleccionar un material y color acorde a la apariencia de las partes diseñadas.- Guardar el archivo con el nombre del sólido. | |
|  | |
| <p>Figura 5-3. Sólidos diseñados para el triturador de martillos</p> <p>Fuente: Autores</p> <p>Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | |

Continúa

Continua

Ensamble de sólidos: Parte del diseño que permite unir sólidos creados anteriormente para obtener componentes, equipos mecánicos y eléctricos como se observa en figura 6-3. Estos se diseñaron con el siguiente procedimiento.

- Abrir en Inventor hojas de trabajo de extensión iam.
- Importar y seleccionar los sólidos a ensamblar mediante el comando *place*.
- Ensamblar a través de la utilización del comando, *constrain (mate, angle, insert, tangent)*
- Guardar la hoja de trabajo del equipo o componente ensamblado.



Figura 6-3: Ensamble de equipos del sistema de trituración

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Ensamble del sistema: Se refiere al ensamble completo del triturador de martillos, resulta de la unión de los sólidos y ensambles diseñados anteriormente como se visualiza en la Figura 3-3.

Procedimiento

- Abrir en Inventor una hoja de trabajo de extensión "iam".
- Importar y seleccionar los ensambles de los equipos, mediante el comando *place*.
- Ensamblar a través de la utilización del comando, *constrain (mate, angle, insert, tangent)*.
- Guardar la hoja de trabajo con el nombre del sistema/máquina ensamblada.

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Animación

En las Figuras 7-3 y 8-3, se muestra la hoja de programación y animación del triturador de martillos, donde se observan los componentes seleccionados para realizar giros y movimientos bajo intervalos de tiempo definidos. Se seleccionó el rotor de discos de martillos, el eje y acople del motor-triturador, ventilador del motor eléctrico del triturador, rodamientos de chumaceras los cuales se movieron 360° por cada segundo aplicado. Al mismo tiempo, en la hoja de trabajo se importaron otros sólidos en forma de rocas de caliza, que fueron programados para simular el proceso de trituración. Por otro lado, en la hoja de programación se muestra la distribución de cámaras, cuyas capturas se observaron durante el funcionamiento del triturador.

Procedimiento de animación

- Abrir una hoja de trabajo en Inventor de extensión ipn.
- Importar el diseño a animar, cuya lista se desplegará automáticamente.
- Seleccionar el comando *tweaks components* que permitirá mover en diferentes direcciones las partes del diseño previamente seleccionadas durante el tiempo establecido por usuario.
- Realizar capturas de la animación mediante la opción *capture camera* según se requiera.
- Guardar el archivo, y exportarlo en formato de video.

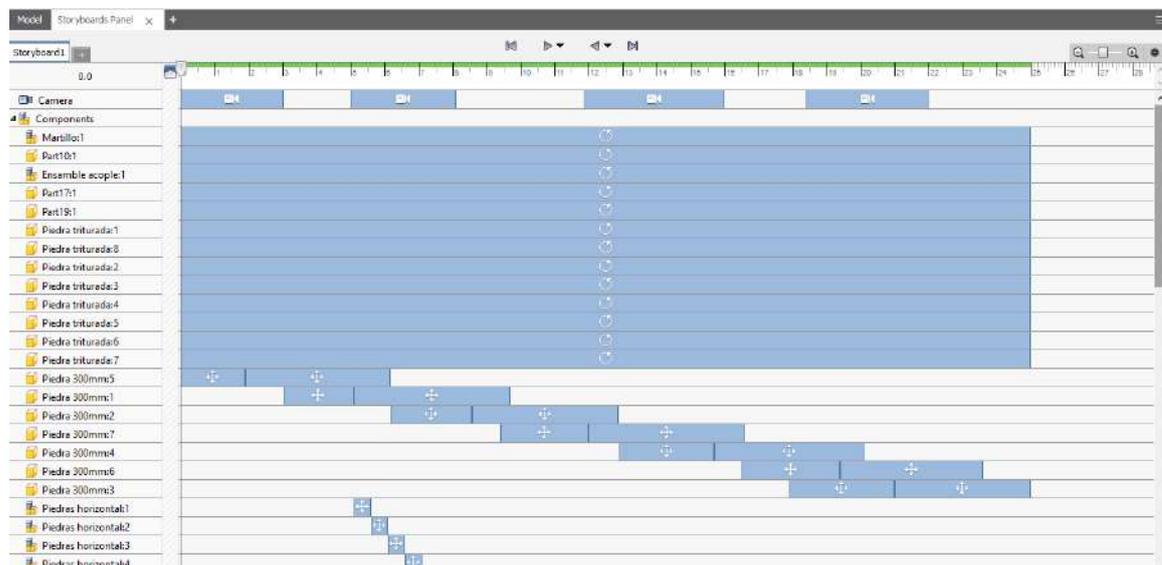


Figura 7-3. Hoja de programación de animación del triturador de martillos

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

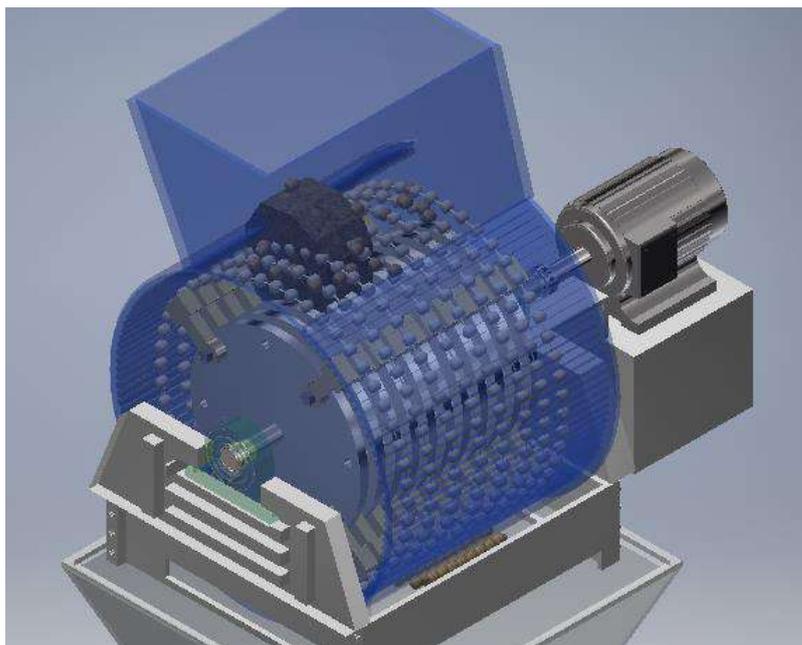


Figura 8-3. Animación del triturador de martillos

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Despiece

En las Figuras 9-3 y 10-3 se visualiza la hoja de programación y despiece del triturador de martillos, donde se observa los componentes seleccionados para girar, moverse y separarse durante intervalos de tiempo establecidos, estos fueron rotor de disco de martillos, motor

eléctrico, chumaceras, carcasa y estructura del triturador. El procedimiento para el despiece es similar a la animación.

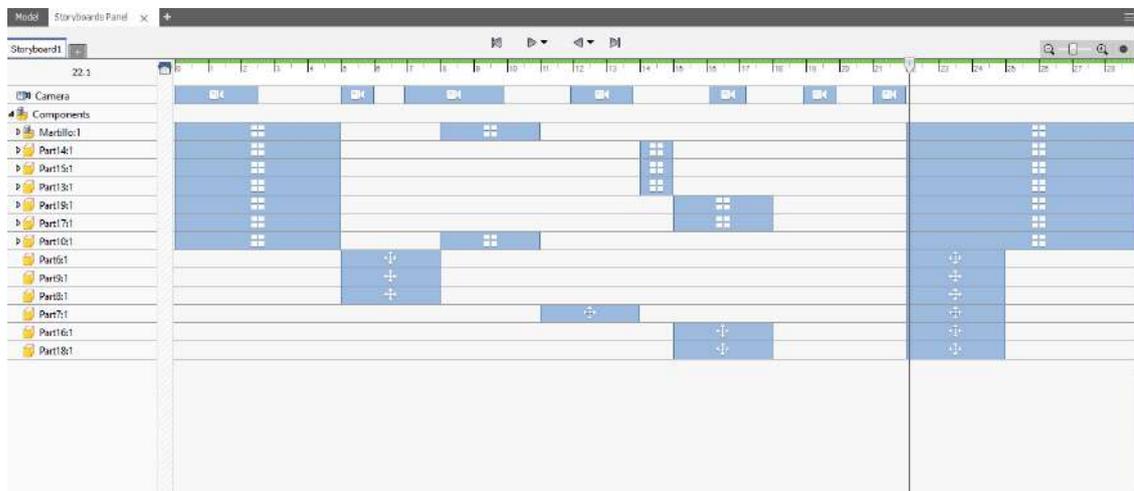


Figura 9-3. Hoja de programación del despiece del triturador de martillos

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

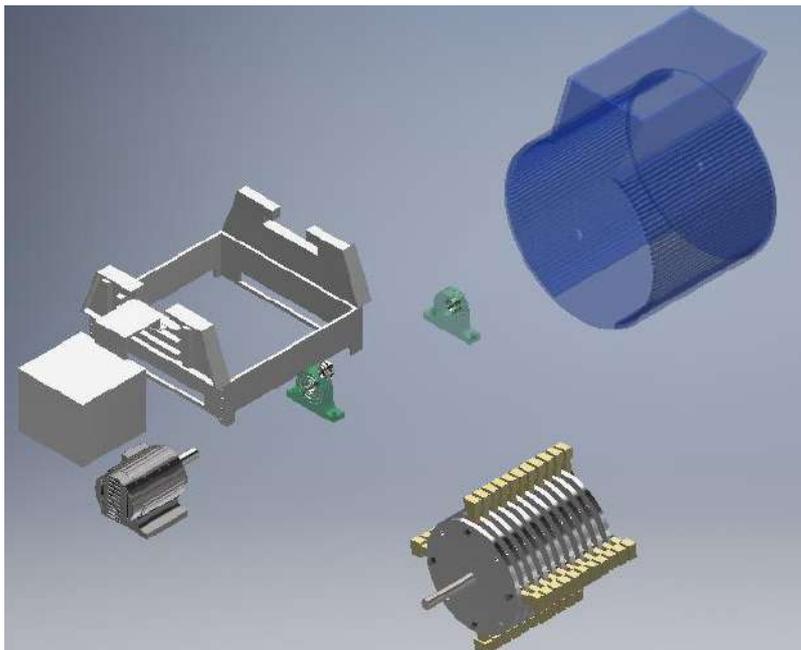


Figura 10-3. Despiece del triturador de martillos

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Para elaborar el plano técnico, despiece, animación de los diseños que se mostrarán a continuación se siguió el mismo procedimiento realizado en el triturador de martillos. En las hojas de programación de animación y despiece se insertaron cámaras para capturar distintas perspectivas de los modelos tridimensionales diseñados.

3.2.1.1 Modelo tridimensional de la banda transportadora

En la Figura 11-3, se visualiza el ensamble de una banda transportadora, la cual fue diseñada de acuerdo a la información mostrada en la Tabla 11-3.

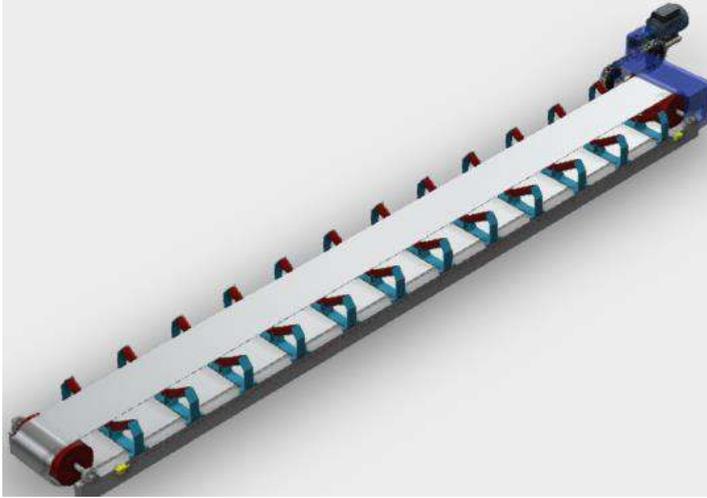


Figura 11-3: Diseño 3D de la banda transportadora

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Plano técnico

Mediante el diseño final de la banda transportadora se elaboró su plano técnico, con el fin de visualizar todas las dimensiones de esta máquina como se muestra en la Figura 12-3.

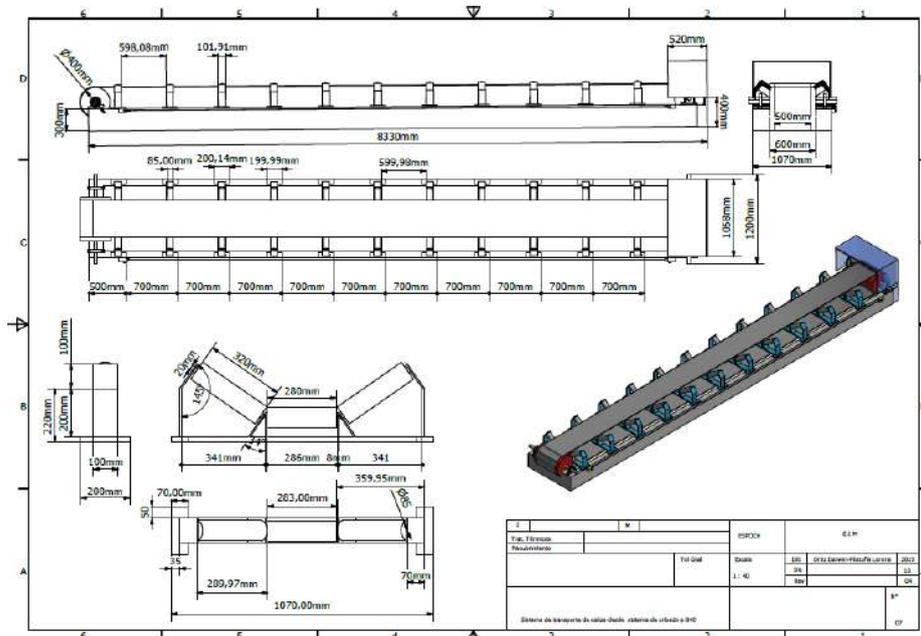
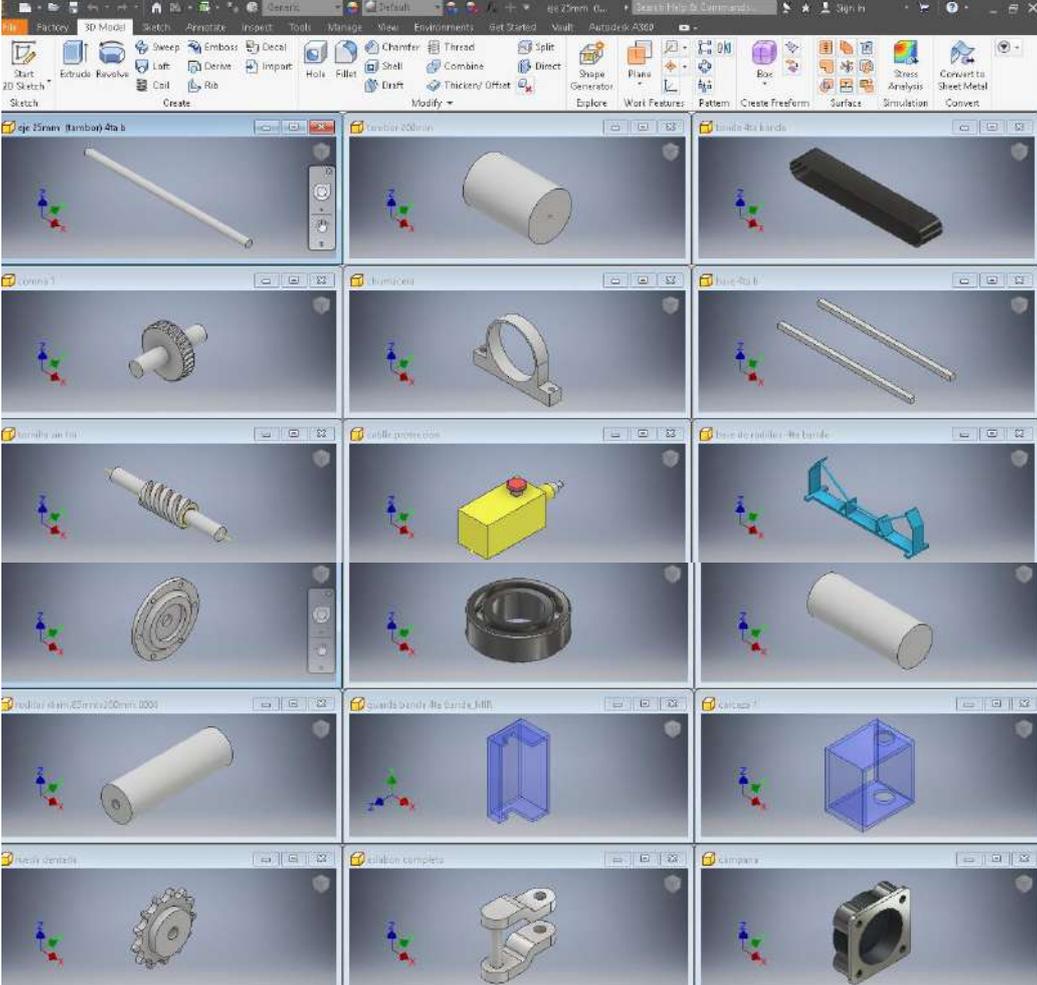
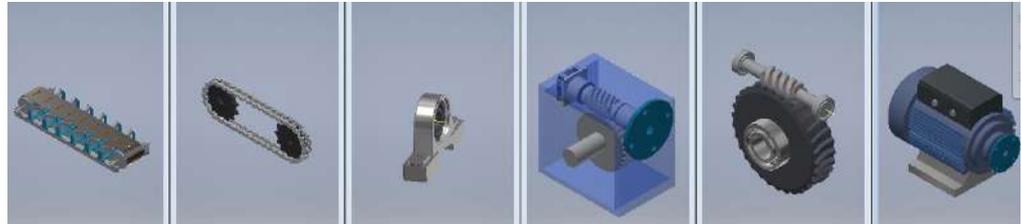


Figura 12-3. Plano técnico de la banda transportadora

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Tabla 11-3: Procedimiento de diseño de la banda transportadora

| DISEÑO DE UNA BANDA TRANSPORTADORA | | |
|--|--|--|
| <p>Diseño de sólidos de la banda transportadora: Es la parte inicial del diseño, consiste en la creación de sólidos de partes mecánicas como se muestra en la Figura 13-3.</p> | | |
|  | | |
| <p>Figura 13-3. Sólidos diseñados para la banda transportadora</p> <p>Fuente: Autores</p> <p>Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | | |
| <p>Ensamble de sólidos: Parte del diseño que permite unir sólidos creados anteriormente para obtener componentes, equipos mecánicos y eléctricos del sistema en diseño. (ver Figura 14-3).</p> | | |
|  | | |
| <p>Figura 14-3. Ensamble de equipos de la banda transportadora</p> <p>Fuente: Autores</p> <p>Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | | |
| <p>Ensamble del sistema: Se refiere al ensamble completo de la banda transportadora, resultante de la unión de los sólidos y ensambles diseñados anteriormente como se visualiza en la Figura 11-3.</p> | | |
| <p>Fuente: Autores</p> <p>Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | | |

Animación

En las Figuras 15-3 y 16-3, se visualiza la hoja de programación y animación de la banda transportadora, donde se observan los componentes seleccionados de esta máquina para realizar giros y movimientos bajo intervalos de tiempo definidos. Estos fueron tambores, eje de tambores, rodamientos de chumaceras y banda transportadora.

Al mismo tiempo en la hoja de animación se importaron sólidos en forma de rocas de caliza, que se programaron para simular su transporte en esta máquina.

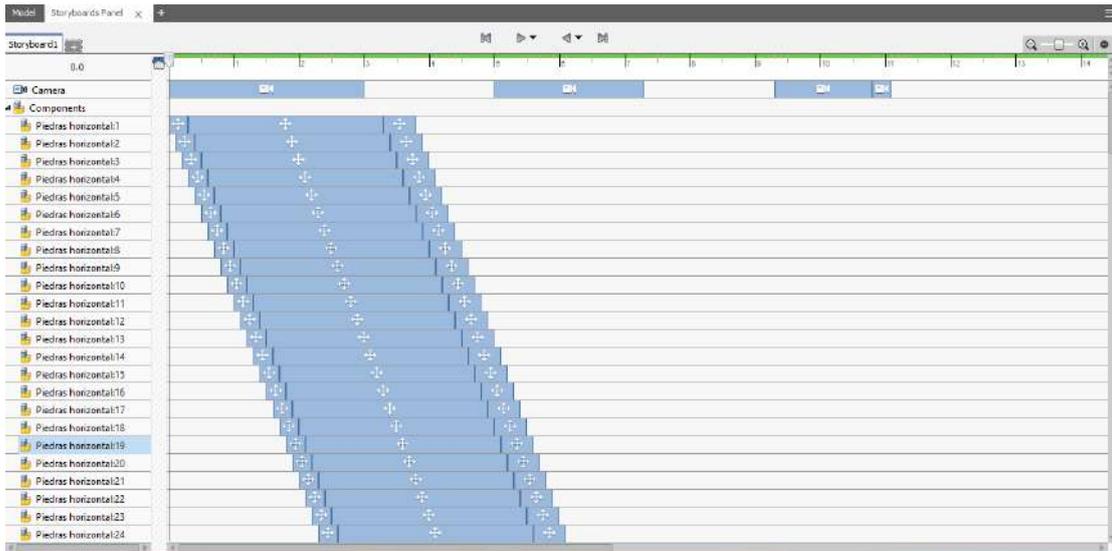


Figura 15-3. Hoja de programación y animación de la banda transportadora

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

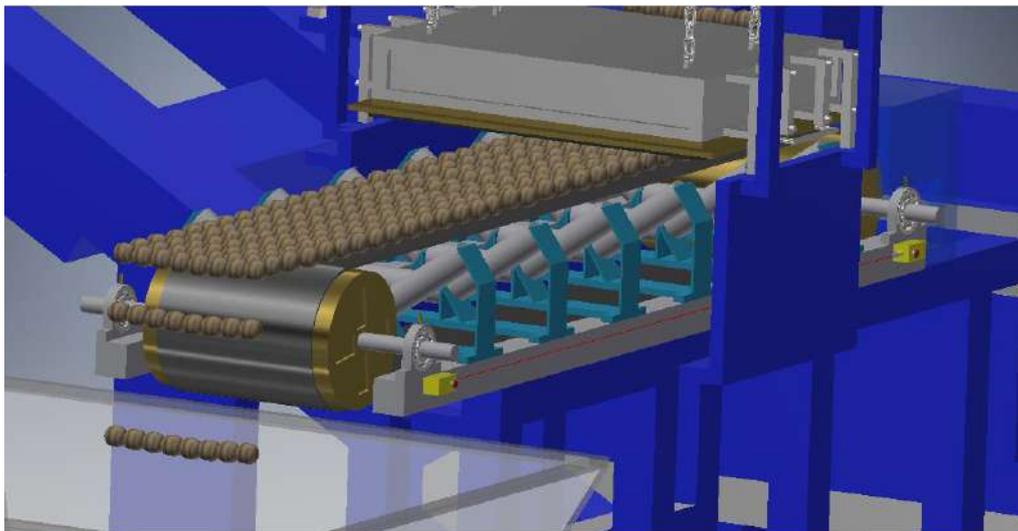


Figura 16-3. Animación de la banda transportadora

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En la animación de bandas transportadoras de la planta virtual, fue necesario contemplar un detector metálico, el cual detenga objetos metálicos peligrosos para esta máquina.

Despiece

En las Figuras 17-3 y 18-3, se muestran la hoja de programación y despiece de la banda transportadora, donde se observa los componentes seleccionados para girar, moverse y separarse durante intervalos de tiempos establecidos, estos fueron reductor de velocidad, banda, transmisión por cadena, estaciones de cilindros y tambores.

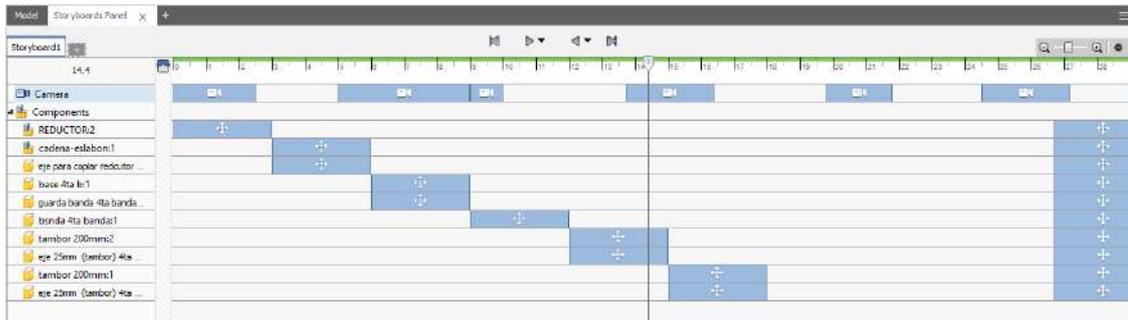


Figura 17-3. Hoja de programación y despiece de la banda transportadora.

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

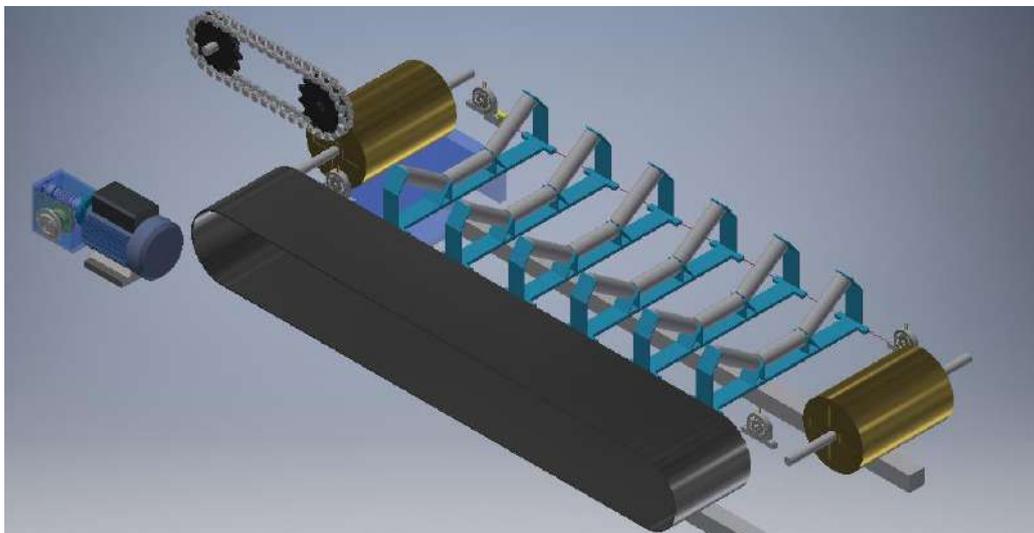


Figura 18-3. Despiece de la banda transportadora.

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.2.1.2 Modelo tridimensional del transportador helicoidal

En la Figura 19-3, se muestra el modelo tridimensional del transportador helicoidal, el cual fue diseñado de acuerdo a la información detallada en la Tabla 12-3.

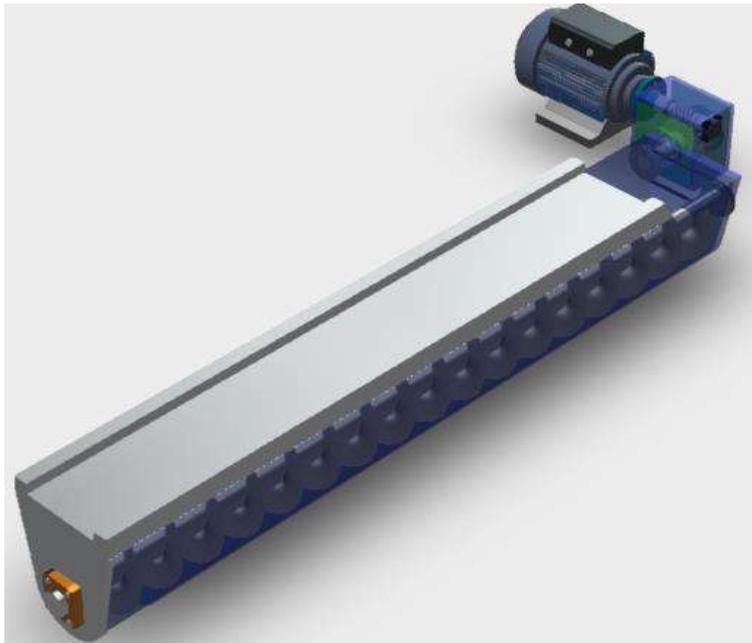


Figura 19-3. Diseño 3D del transportador helicoidal

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Plano técnico

Al obtener el diseño final del transportador helicoidal se elaboró el plano técnico, con el fin de visualizar todas las dimensiones de esta máquina como se muestra en la Figura 20-3.

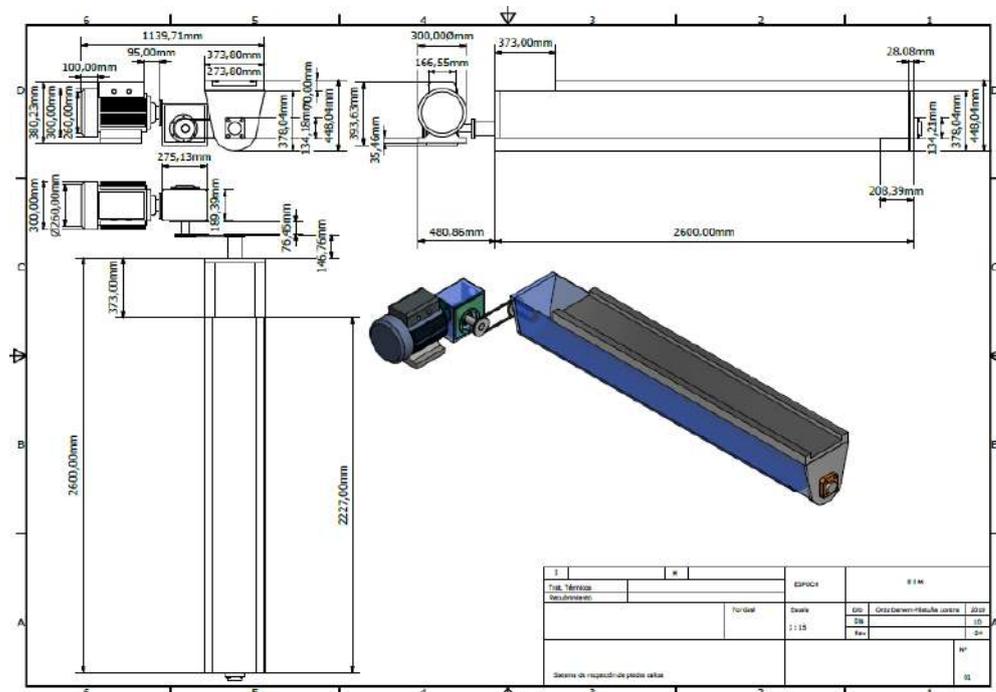
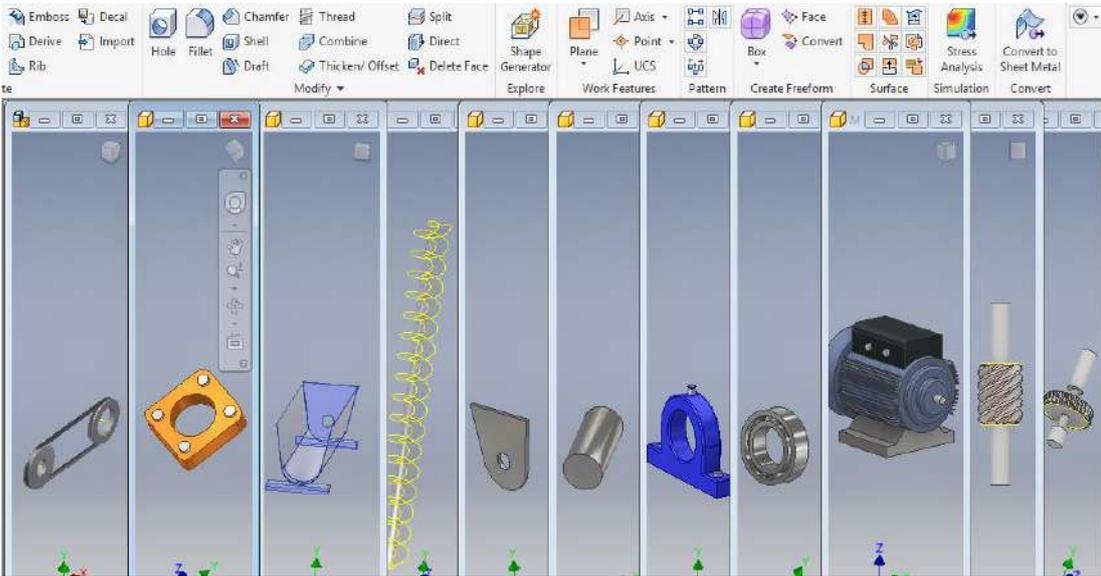
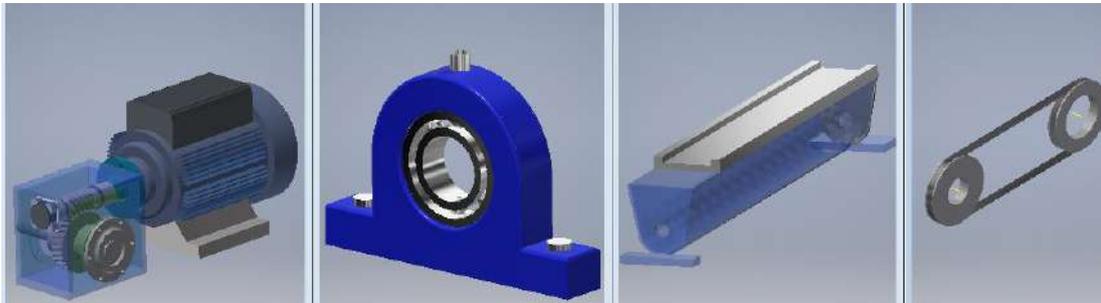


Figura 20-3. Plano técnico del transportador helicoidal

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Tabla 12-3: Procedimiento de diseño del transportador helicoidal

| DISEÑO DEL TRANSPORTADOR HELICOIDAL | |
|---|--|
| <p>Diseño de sólidos del transportador helicoidal: Es la parte inicial del diseño, consiste en la creación de sólidos de partes mecánicas como se muestra en la Figura 21-3.</p>  | |
| <p>Figura 21-3. Sólidos diseñados para el transportador helicoidal Fuente: Autores Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | |
| <p>Ensamble de sólidos: Parte del diseño que permite unir sólidos creados anteriormente para obtener componentes, equipos mecánicos y eléctricos como se muestra en la Figura 22-3.</p>  | |
| <p>Figura 22-3: Ensamble de equipos del transportador helicoidal Fuente: Autores Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | |
| <p>Ensamble del sistema: Se refiere al ensamble completo del tornillo helicoidal, resultado de la unión de los sólidos y ensambles diseñados anteriormente como se visualiza en la Figura 19-3.</p> | |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Animación

En las Figuras 23-3 y 24-3, se muestra, la hoja de programación y animación del transportador helicoidal, donde se observan los componentes seleccionados para realizar giros y movimientos bajo intervalos de tiempo definidos, estos fueron tornillo helicoidal, rodamientos de chumaceras, transmisión por acople motor-reductor y transmisión por banda. Se observa también pequeñas rocas de caliza que se programaron para simular el proceso de transporte de esta máquina.

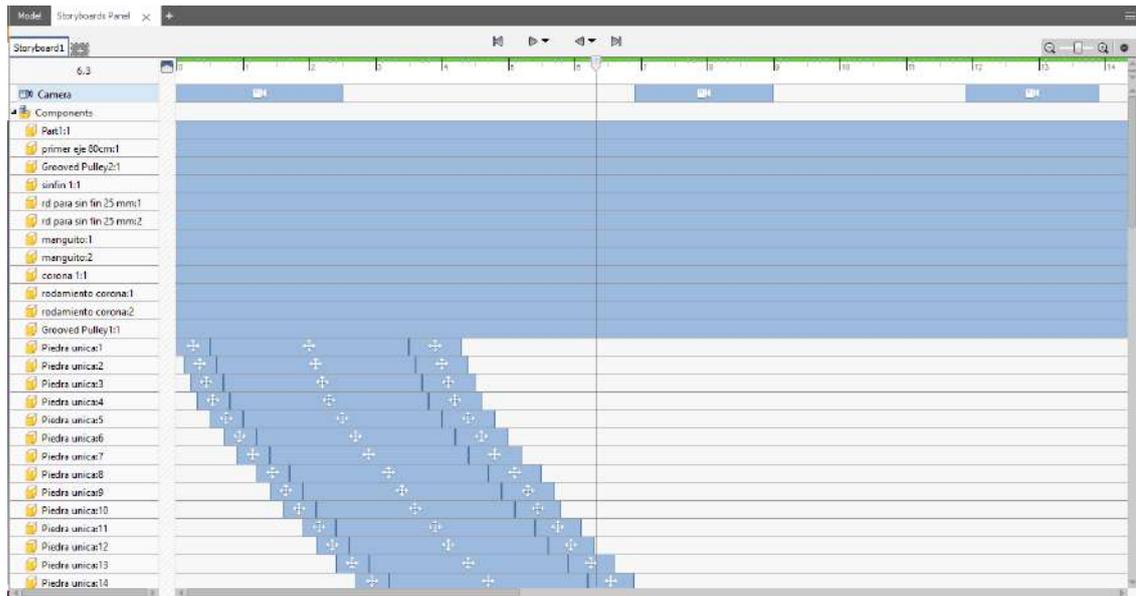


Figura 23-3. Hoja de programación de animación del transportador helicoidal

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

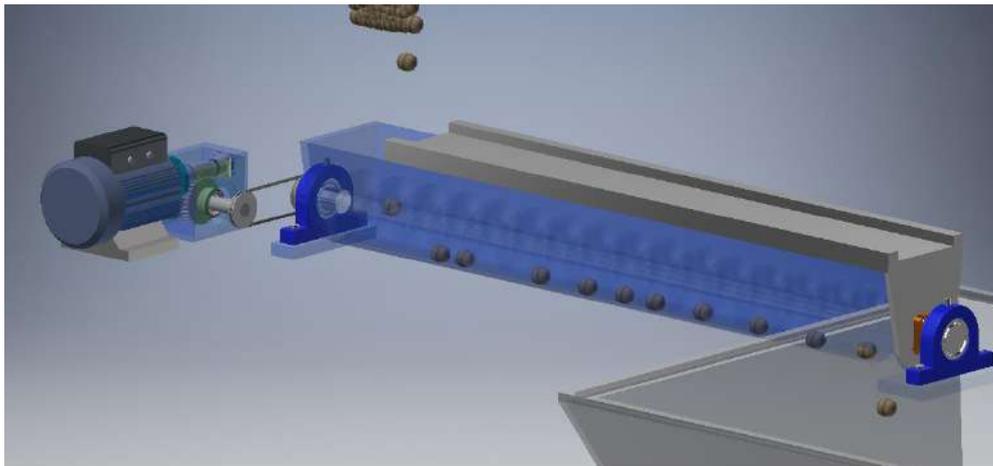


Figura 24-3. Animación de transportador helicoidal

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Despiece

En las Figuras 25-3 y 26-3 se visualiza la hoja de programación y despiece del transportador helicoidal, donde se observa los componentes seleccionados para girar, moverse y separarse durante intervalos de tiempo. En este caso fueron: reductor de velocidad, motor eléctrico, tornillo helicoidal, transmisión por banda y carcasa de esta máquina.

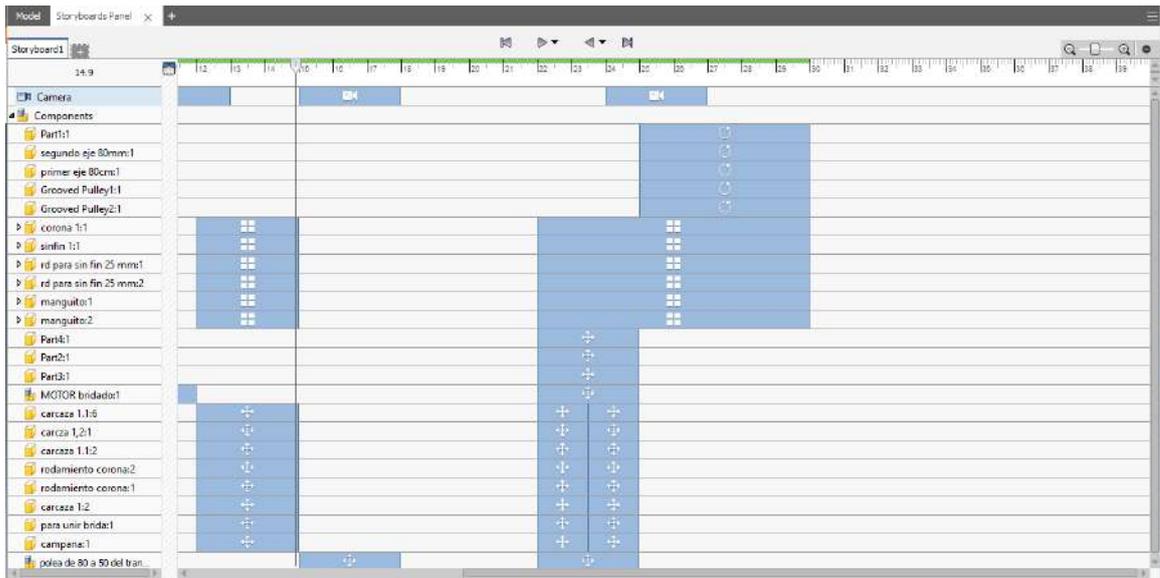


Figura 25-3. Hoja de programación y despiece del transportador helicoidal

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

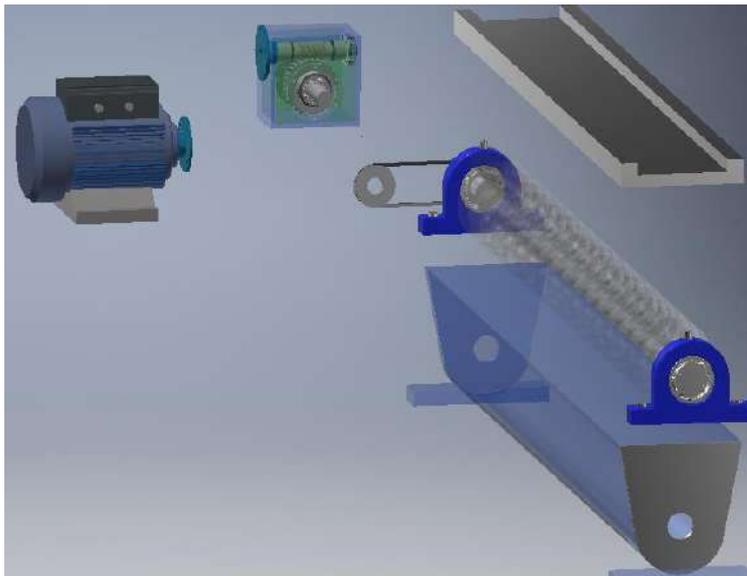


Figura 26-3. Despiece del transportador helicoidal

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.2.1.3 Modelo tridimensional del transportador de placas metálicas

La Figura 27-3 muestra el diseño 3D, del transportador de placas metálicas el cual fue diseñado de acuerdo a la información detallada en la Tabla 13-3.

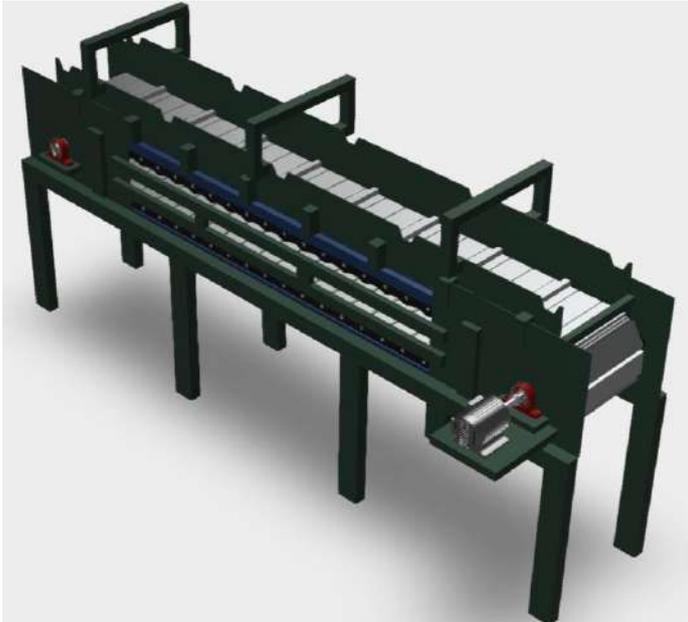


Figura 27-3. Diseño 3D del transportador de placas metálicas

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Plano técnico

Al obtener el modelo tridimensional del transportador metálico, se elaboró el plano técnico para visualizar todas las dimensiones de esta máquina como se muestra en la Figura 28-3.

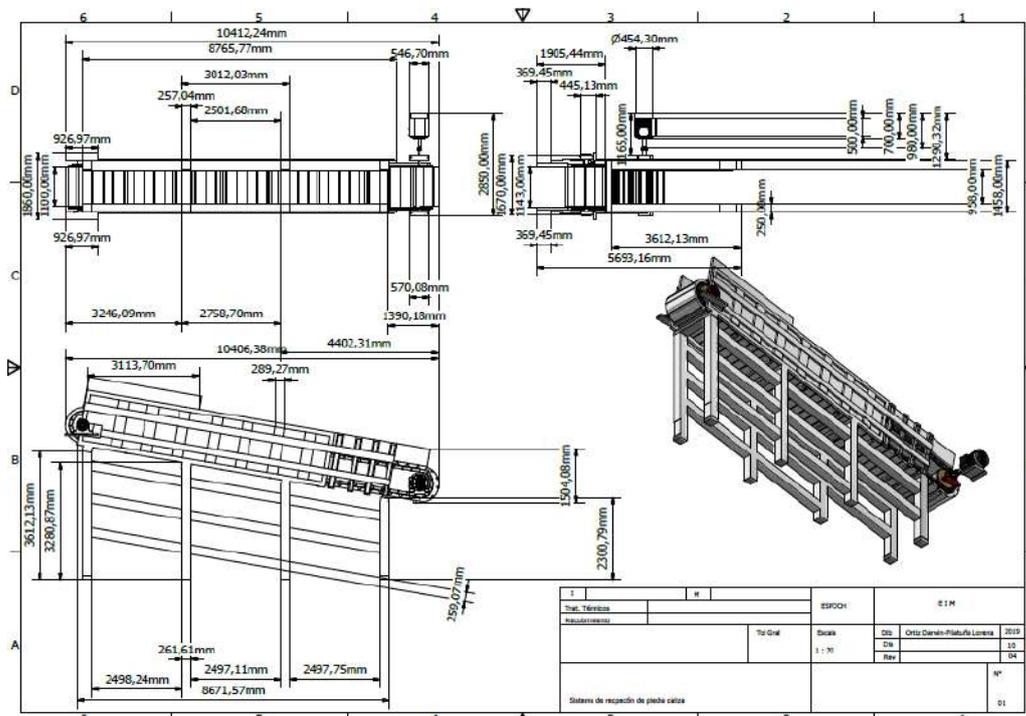
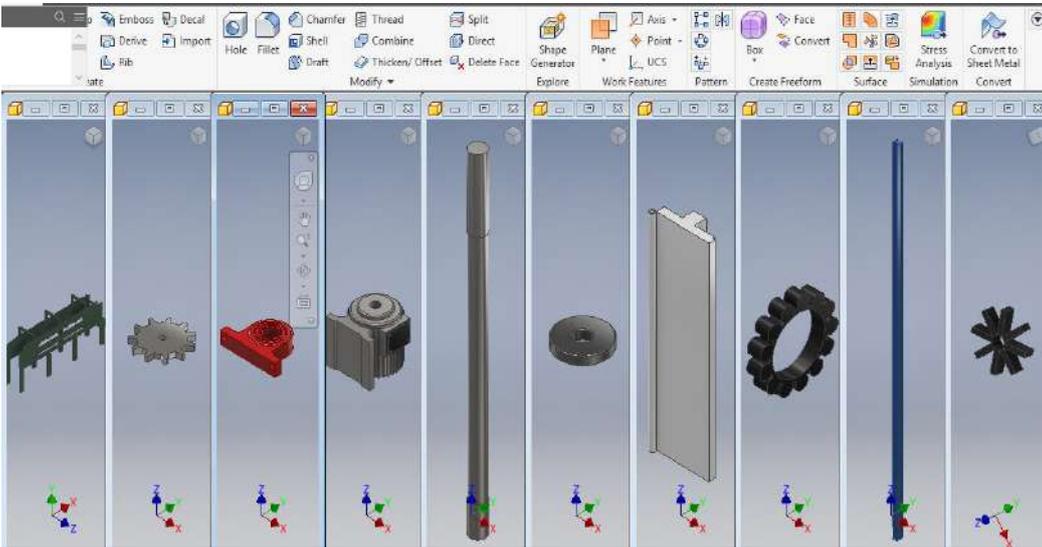


Figura 28-3. Plano técnico del transportador de placas metálicas

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Tabla 13-3: Procedimiento de diseño del transportador de placas metálicas

| DISEÑO DEL TRANSPORTADOR DE PLACAS METÁLICAS | |
|--|--|
| Diseño de sólidos del transportador de placas metálicas: Es la parte inicial del diseño, consiste en la creación de sólidos de partes mecánicas como se muestra en la Figura 29-3. | |
|  | |
| Figura 29-3. Sólidos diseñados para el transportador de placas metálicas Fuente: Autores Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019 | |
| Ensamble de sólidos: Parte del diseño que permite unir sólidos creados anteriormente para obtener componentes, equipos mecánicos y eléctricos como se muestra en la Figura 30-3. | |
|  | |
| Figura 30-3: Ensamble de equipos del transportador de placas metálicas Fuente: Autores Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019 | |
| Ensamble del sistema: Se refiere al ensamble completo del transportador metálico, resultado de la unión de los sólidos y ensambles diseñados anteriormente como se visualiza en la Figura 27-3. | |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Animación

Las Figuras 31-3 y 32-3 muestran la hoja de programación y animación del transportador metálico, donde se observan los componentes seleccionados para la animación tal es el caso de: placas metálicas, ruedas dentadas, cadenas, eje de tambores y rodamientos de chumaceras los cuales se programaron para la realización de giros y movimientos de acuerdo al funcionamiento de esta máquina. También se observan modelos de rocas de caliza que fueron programadas de modo que sean transportadas por esta máquina.

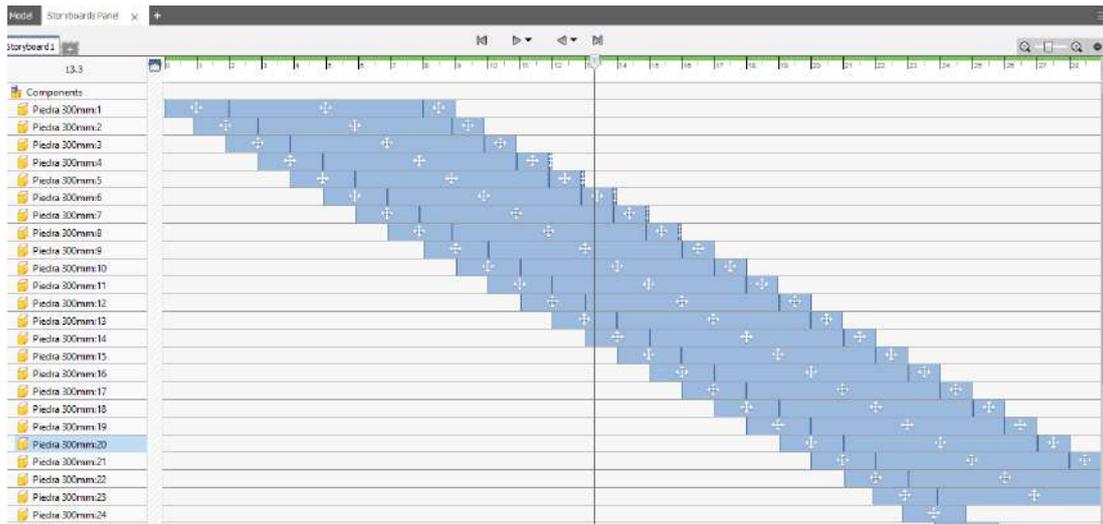


Figura 31-3. Hoja de programación de animación del transportador de placas metálicas

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

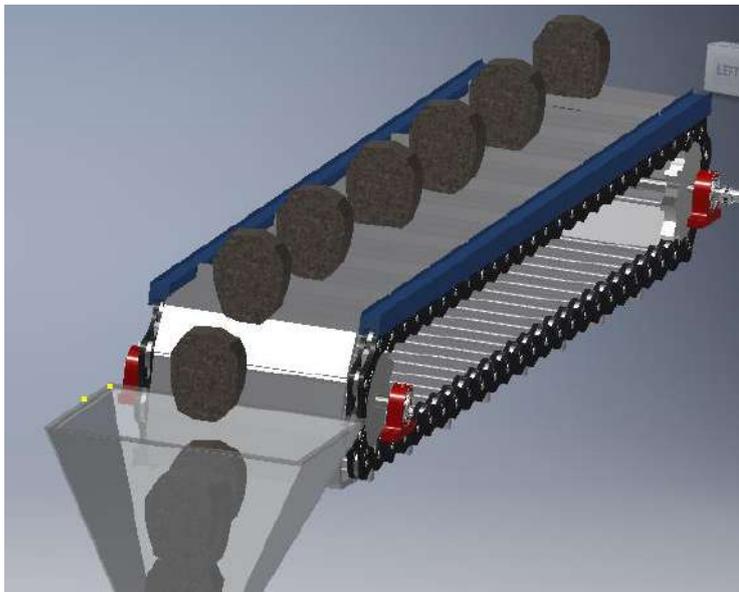


Figura 32-3. Animación del transportador de placas metálicas

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Despiece

En las Figuras 33-3 y 34-3, se visualiza la hoja de programación y despiece del transportador metálico donde se observa los componentes seleccionados para girar, moverse y separarse durante intervalos de tiempos establecidos, tal es el caso de placas metálicas, ruedas dentadas, cadenas, motor eléctrico, chumaceras y carcasa.

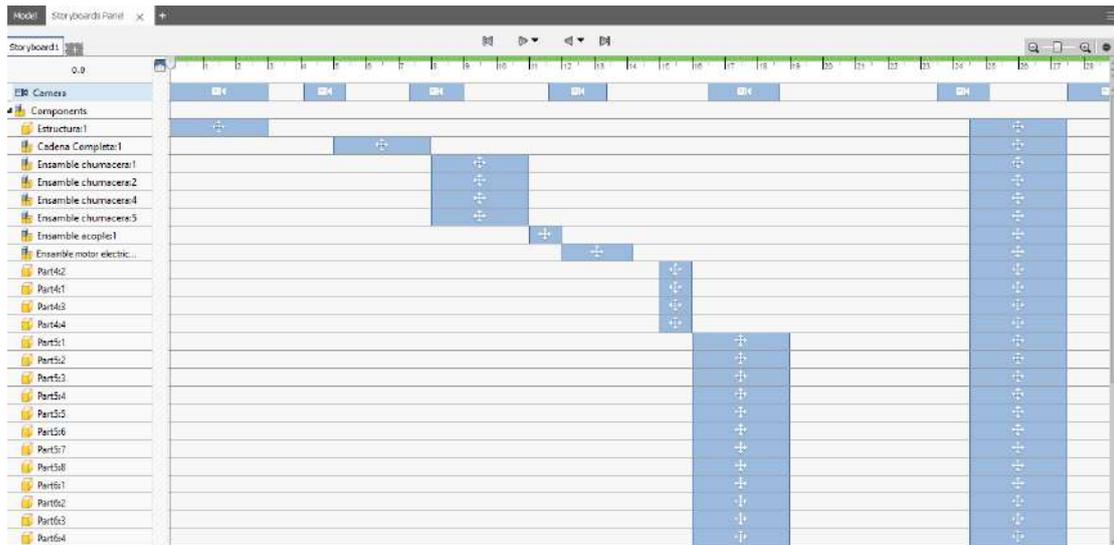


Figura 33-3. Hoja de programación y despiece del transportador de placas metálicas

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

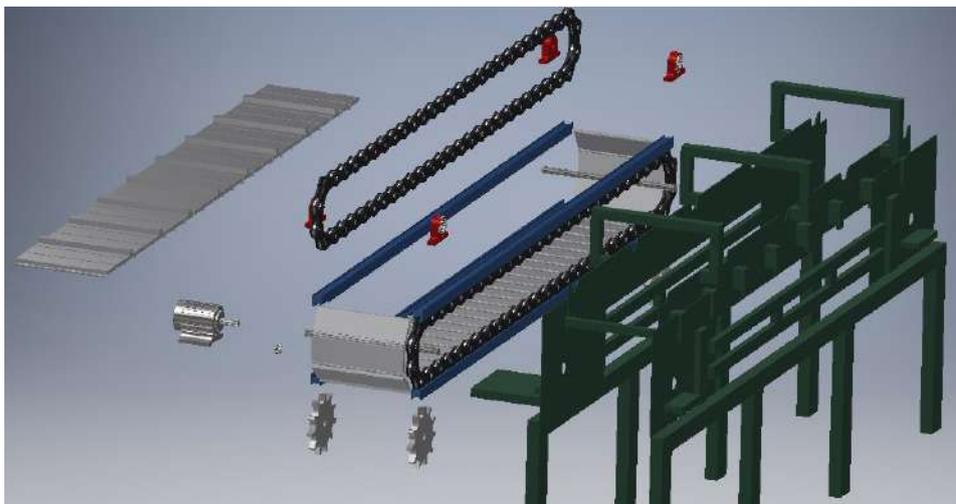


Figura 34-3. Despiece del transportador de placas metálicas

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.2.1.4 Modelo tridimensional del sistema de lubricación

En la Figura 35-3, se muestra el modelo tridimensional del sistema de lubricación, el cual fue diseñado de acuerdo a la información detallada en la Tabla 14-3. Este fue construido como sistema de lubricación independiente para el triturador de martillos, de modo que lubrique y a la vez haga recircular el aceite lubricante.



Figura 35-1. Diseño 3D del sistema de lubricación

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Plano técnico

Al obtener el diseño final del sistema de lubricación se elaboró el plano técnico, con el fin de visualizar todas las dimensiones de este sistema como se muestra en la Figura 36-3.

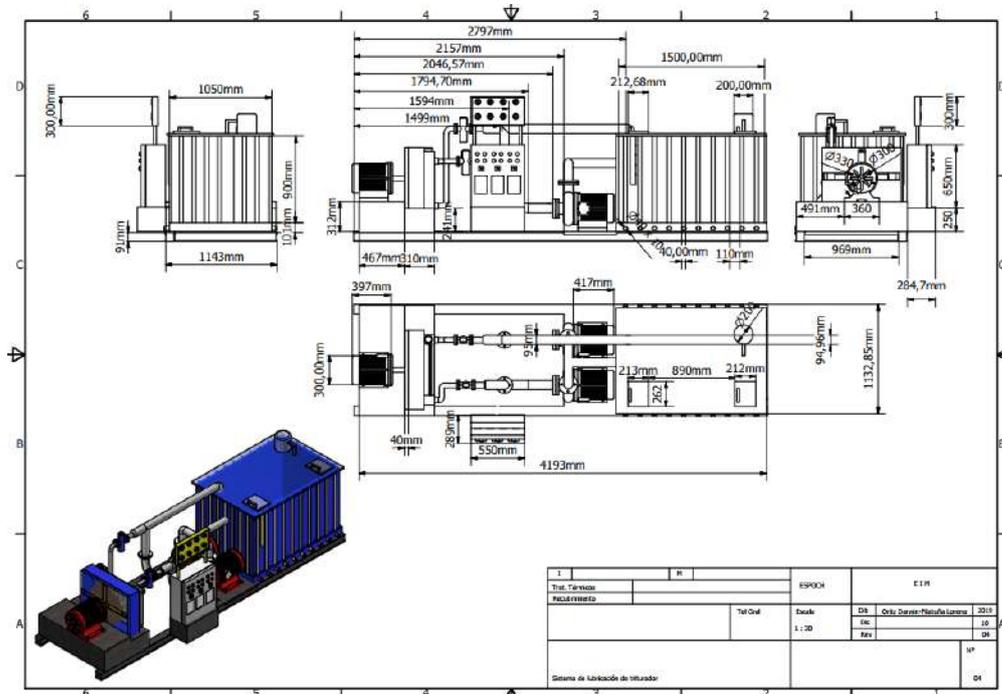
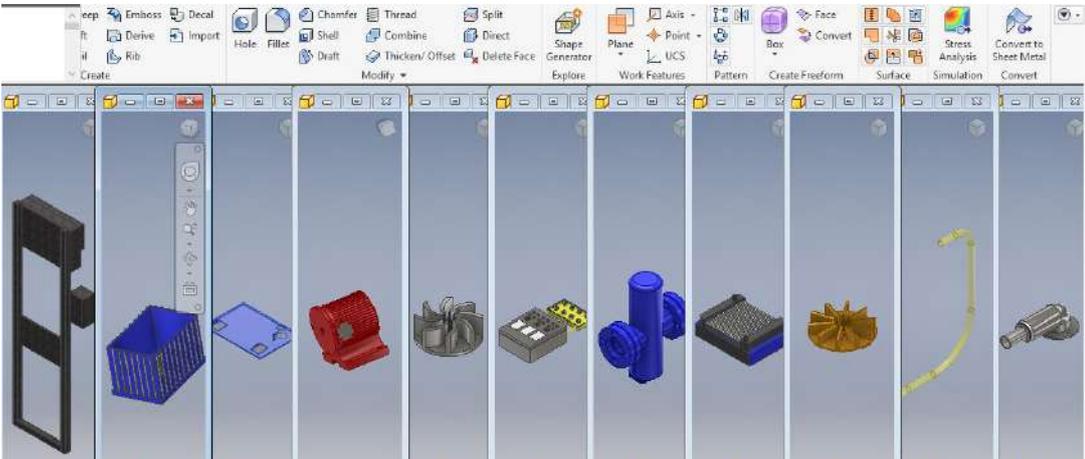
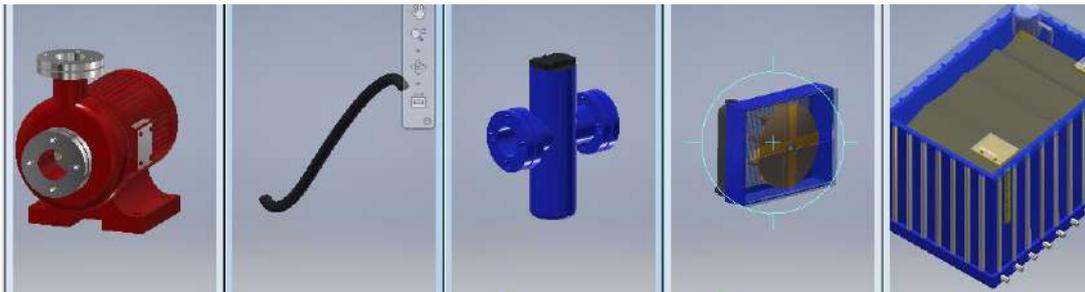


Figura 36-3. Plano técnico del sistema de lubricación

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Tabla 14-3: Procedimiento de diseño del sistema de lubricación

| DISEÑO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN | |
|--|--|
| <p>Diseño de sólidos del sistema de lubricación: Parte inicial del diseño, consiste en la creación de sólidos de piezas mecánicas como se muestra en la Figura 37-3.</p>  | |
| <p>Figura 37-3. Sólidos diseñados para el sistema de lubricación Fuente: Autores Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | |
| <p>Ensamble de sólidos: Parte del diseño que permite unir sólidos creados anteriormente para obtener componentes, equipos mecánicos y eléctricos como se muestra en la Figura 38-3.</p>  | |
| <p>Figura 38-3: Ensamble de equipos del sistema de lubricación Fuente: Autores Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019</p> | |
| <p>Ensamble del sistema: Se refiere al ensamble completo del sistema de lubricación, resultado de la unión de los sólidos y ensambles diseñados anteriormente como se visualiza en la Figura 35-3.</p> | |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Animación

Las Figuras 39-3 y 40-3, muestran la hoja de programación y animación del sistema de lubricación junto al triturador de martillos, donde se observan los componentes seleccionados para realizar giros y movimientos bajo intervalos de tiempo definidos de los dos sistemas. Se programaron las partes que se mueven angularmente (ejes, rodamientos de chumaceras, ventilador etc.) mientras que las partículas de aceite fueron seleccionadas de modo que circulen por las tuberías del sistema lubricante hasta llegar a las chumaceras del triturador.

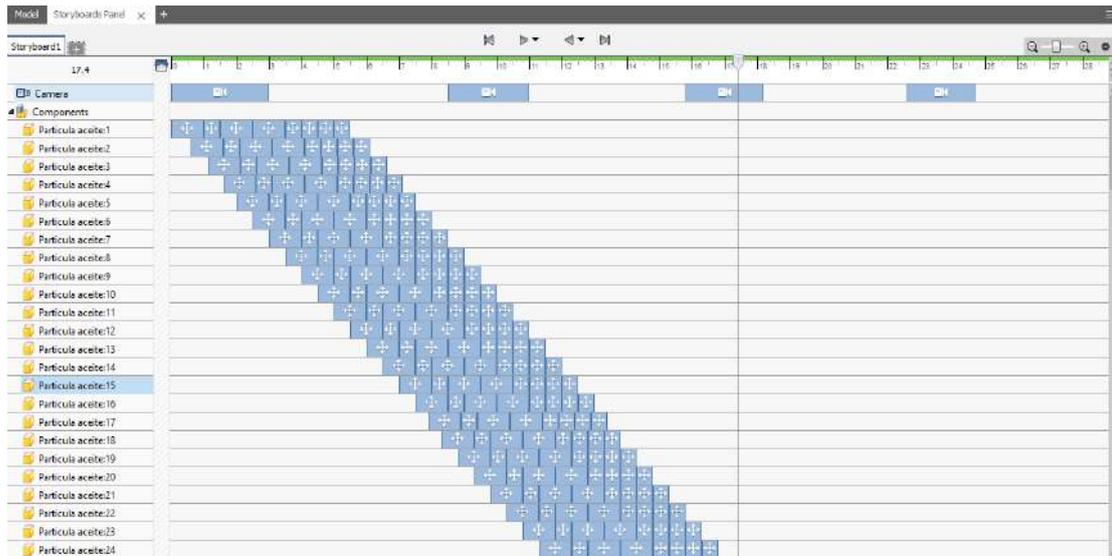


Figura 39-3. Hoja de programación de animación del sistema de lubricación.

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

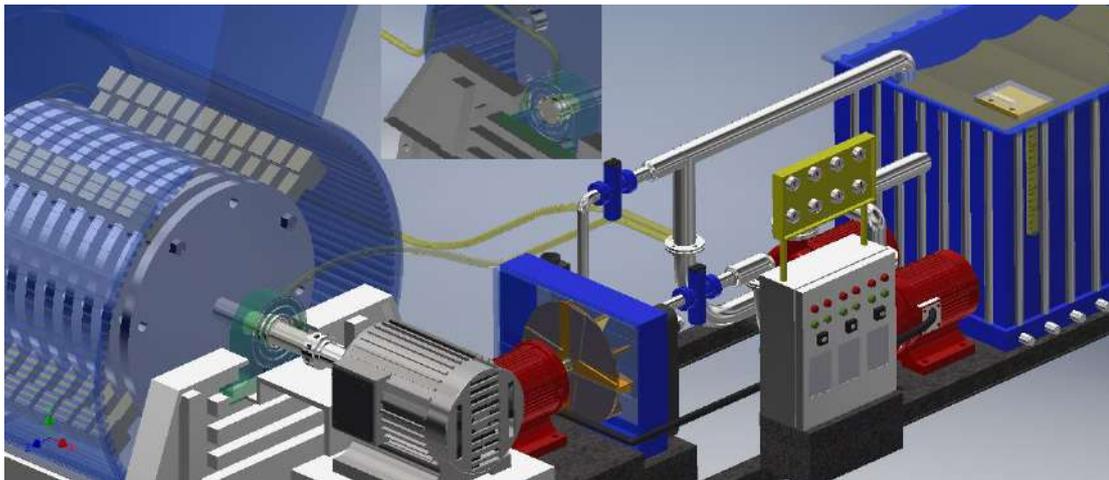


Figura 40-3. Animación del sistema de lubricación

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Despiece

Las Figuras 41-3 y 42-3, muestran la hoja de programación y despiece del sistema de lubricación, donde se observa los componentes seleccionados para girar, moverse y separarse durante intervalos de tiempos establecidos en este caso: depósito de aceite, válvulas tuberías y accesorios, tablero eléctrico de control, intercambiador de calor, bomba de distribución de aceite, bomba de recirculación y motor eléctrico del intercambiador de calor.

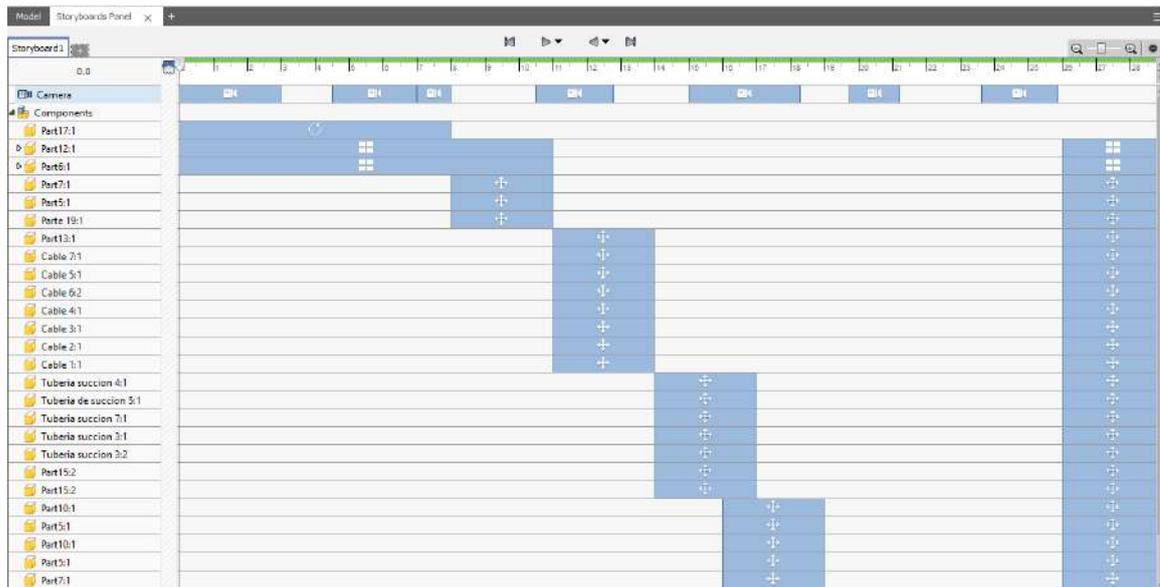


Figura 41-3. Hoja de programación del despiece del sistema de lubricación

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

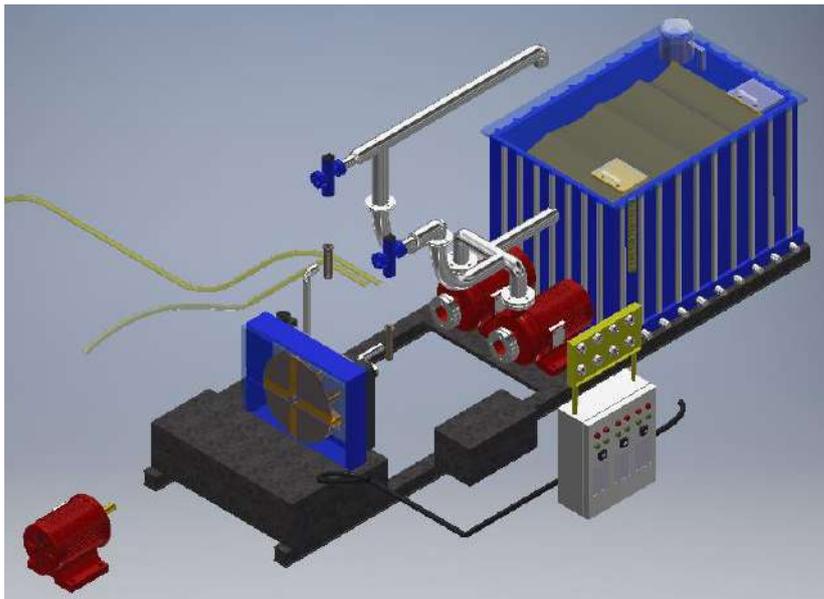


Figura 42-3. Despiece del sistema de lubricación

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Los diseños, animaciones, despieces y planos técnicos de los demás sistemas de la planta virtual están contenidos en el ANEXO A.

3.2.1.5 *Diseño de estructuras metálicas y detalles*

Los sistemas de una planta trituradora real normalmente presentan estructuras metálicas, de ahí la necesidad de diseñar estos elementos para los sistemas creados anteriormente. Esto se llevó a cabo mediante el empleo de los planos técnicos de los diseños de los sistemas, de donde se obtuvo dimensiones guía para dibujar las estructuras metálicas. Es importante aclarar que el diseño de las estructuras es semejante al de los sistemas. Para dar una ambientación realista al diseño de la planta virtual, se decidió incluir una base para la misma, cuyo aspecto se asemeja al suelo rocoso de una cantera, como se muestra en la Figura 43-3.

3.2.1.1 *Simulación del proceso de trituración*

En las Figuras 44-3 y 45-3, se visualiza la hoja de programación y animación de la planta virtual, cuyo proceso se asemeja a la animación de un sistema diseñado anteriormente. Esto se logró en primer lugar programando todo el recorrido que debe realizar la piedra caliza por cada sistema de la planta. En este proceso se debe tomar en cuenta recorridos lineales y angulares, así como el tamaño de la caliza, puesto que, de acuerdo al funcionamiento de cada sistema, se obtendrá las características de animación de la planta.

Tras la programación del recorrido de la caliza, se simuló el funcionamiento de cada sistema de la planta virtual, como se realizó en las animaciones individuales.

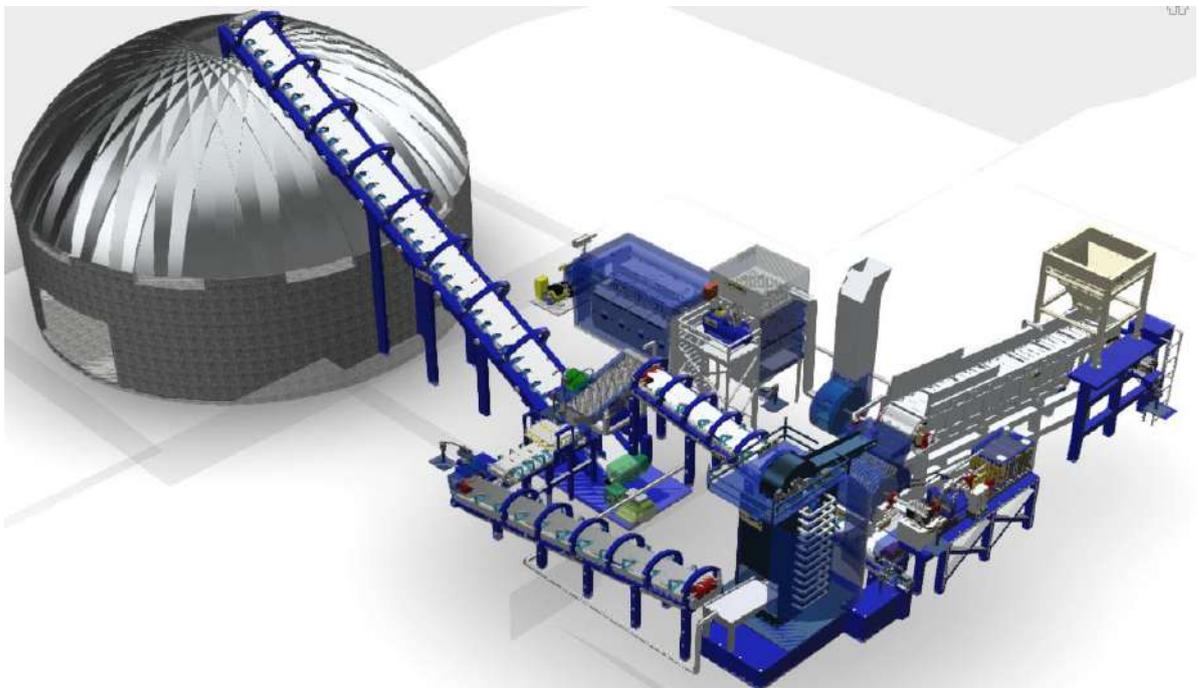


Figura 43-3. Ensamble general de la planta virtual trituradora de piedra caliza

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

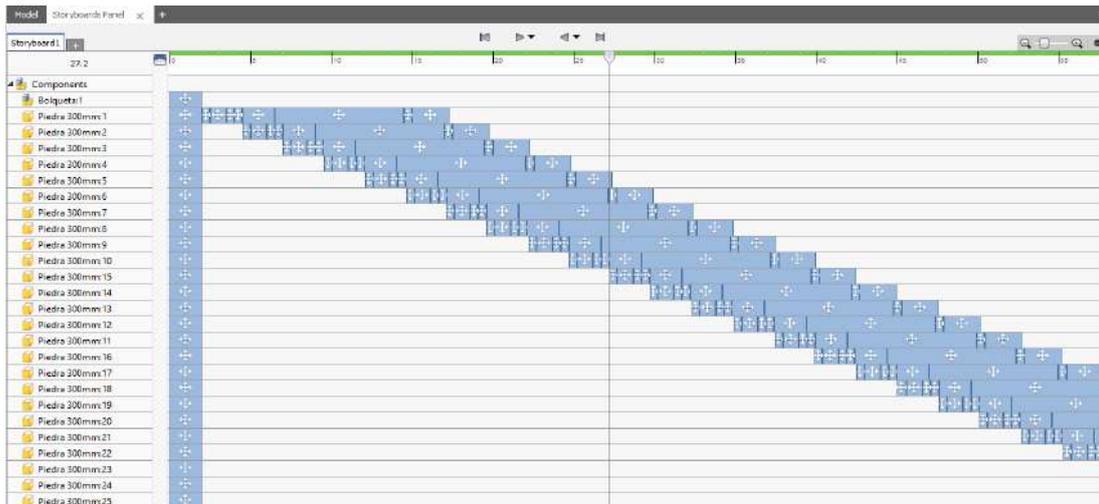


Figura 44-3. Hoja de programación de la animación de la planta virtual

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019



Figura 45-3. Animación de la planta virtual

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.2.2 *Elaboración del plan de mantenimiento preventivo*

Para elaborar el plan de mantenimiento se debe considerar los siguientes aspectos:

- Inventario técnico de activos a mantener.
- Codificación del inventario técnico.
- Fichas técnicas.
- Tareas y frecuencias de mantenimiento.
- Logística de mantenimiento.

A continuación, se desarrollará cada aspecto aplicado al diseño virtual de la planta de trituración de piedra caliza, logrando que este cumpla con el propósito de ofrecer una herramienta didáctica o fuente de información que mejore el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.2.2.1 Inventario técnico de activos a mantener

El primer aspecto a considerar para elaborar un plan de mantenimiento preventivo, es realizar un inventario jerárquico de todos los equipos a mantener, para la rápida identificación de un equipo en su respectivo sistema, área y localización.

Según la Figura 18-2 mostrada en la teoría, la estructura jerárquica recomendada para un inventario técnico para mantenimiento se lo debe desarrollar desde el nivel de localización (nivel uno) hasta el nivel de elemento (nivel seis). Siguiendo la recomendación se decidió estructurar el inventario para la planta virtual conforme al esquema de la Figura 46-3.

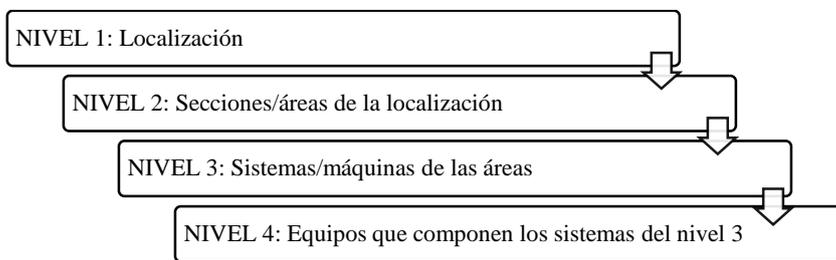


Figura 46-3. Esquema de los niveles jerárquicos para inventario de planta de trituración

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

De acuerdo a la Figura 46-3, el nivel uno corresponde a “planta de trituración de piedra caliza”. El nivel dos describe a las áreas, en este caso es el área de “trituración”. El nivel tres se refiere a todas las máquinas/sistemas que componen el área de trituración como: sistema de recepción piedra caliza, sistema de trituración, etc. En el último nivel se enlistan todos los equipos mecánicos, eléctricos, civiles que constituyen a cada sistema de la planta (ver Tabla 15-3).

Tabla 15-3: Niveles jerárquicos para inventario de planta virtual de trituración

| Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 |
|---|---------------------|--|---|
| Localización | Áreas/secciones | Sistema/máquinas | Equipos |
| Planta de trituración de piedra caliza | Área de trituración | Sistema de recepción de piedra caliza | Tolva de descarga |
| | | | Compuerta |
| | | Sistema de transporte de caliza-Alimentación al triturador | Transportador de placas metálicas |
| | | | Motor eléctrico del transportador de placas metálicas |
| | | | Reductor de velocidad del transportador de placas metálicas |
| | | | Transmisión por cadena reductor-transportador metálico |
| Transmisión por acople motor-reductor transp. metálico | | | |
| Tablero eléctrico de control del transportador metálico | | | |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En el ANEXO B, se muestra el inventario jerárquico de la planta de trituración de piedra caliza

3.2.2.2 Codificación del inventario

Realizado el inventario de todos los equipos, sistemas, áreas de la planta de trituración, se procede a codificarlos. Con la explicación realizada en la literatura, la codificación fue estructurada de la siguiente manera:

Nivel 1: localización

P01: “Planta de trituración de piedra caliza”, es un código alfanumérico de 3 dígitos, la letra P describe a la planta de trituración de piedra caliza y el número 01 describe un secuencial debido a la creación futura de otras plantas.

Nivel 2: áreas/secciones

B: “Área de trituración”, este es un código alfabético de un solo dígito.

Nivel 3: sistemas/máquinas

Para codificar los sistemas, se empleó códigos numéricos de dos dígitos, los cuales se establecieron en una escala de cinco en cinco debido a la instalación de nuevos sistemas. (Ver Tabla 16-3).

Tabla 16-3: Codificación del nivel 1,2 y 3

| Código | | | Descripción |
|---------|---------|---------|---|
| Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | |
| P01 | B | 05 | Sistema de recepción de piedra caliza |
| | | 10 | Sistema de transporte de caliza- Alimentación al triturador |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En el ANEXO B, se muestra la codificación completa de todos los niveles de planta de trituración de piedra caliza.

Nivel 4: Equipos

La codificación del nivel cuatro, corresponde a los equipos de cada sistema de la planta, estos fueron codificados de acuerdo a una lista de equipos, que se hallan clasificados según la familia a la que pertenecen.

En la Tabla 17-3 se muestra los códigos de los tipos de equipos encontrados en la planta virtual de trituración. Mientras que en la Tabla 18-3 se detalla la codificación del nivel cuatro.

Tabla 17-3: Códigos de los tipos de equipos mecánicos, eléctricos y civiles

| Familia de Equipos | | Tipos de equipos | | |
|--------------------|------|------------------|---------------------------------|--|
| Familia | Cód. | Cód. | Descripción | |
| Mecánicos | M | BB | Bomba | |
| | M | CB | Criba | |
| | M | CP | Compresor | |
| | M | DP | Depósito | |
| | M | DM | Dámper, compuerta | |
| | M | EQ | Válvulas, tuberías y accesorios | |
| | M | FM | Filtro de mangas | |
| | M | MC | Motor de combustión | |
| | M | RD | Reductor | |
| | M | ST | Transmisión de movimiento | |
| | M | TR | Triturador | |
| | M | TT | Transportador de material | |
| | M | VV | Ventilador | |
| Eléctricos | E | GE | Generador | |
| | E | ME | Motor eléctrico | |
| | E | TA | Tablero/equipo de control | |
| Civiles | C | BA | Base o Apoyo | |

Fuente: (SisMAC, 2015)

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Tabla 18-3: Codificación nivel 1,2,3 y 4

| Código | | | | Descripción | | |
|---------|---------|---------|---------|-------------|----|---|
| Nivel 1 | Nivel 2 | Nivel 3 | Nivel 4 | | | |
| P01 | B | 05 | M | DP | 01 | Tolva de descarga |
| | | | M | DM | 01 | Compuerta |
| | | 10 | M | TT | 01 | Transportador de placas metálicas |
| | | | E | ME | 01 | Motor eléctrico del transportador de placas metálicas |
| | | | M | RD | 01 | Reductor de velocidad del transportador de placas metálicas |
| | | | M | ST | 01 | Transmisión por cadena reductor-transportador metálico |
| | | | M | ST | 02 | Transmisión por acople motor-reductor transp. metálico |
| | | | E | TA | 01 | Tablero eléctrico de control del transportador metálico |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En el ANEXO B, se muestra la codificación completa de todos los niveles de planta de trituración de piedra caliza.

3.2.2.3 Fichas técnicas

Realizado el inventario y codificación de la planta de trituración, se obtiene un listado organizado y codificado de todos los equipos a mantener; lo que sirvió para elaborar las fichas técnicas de cada uno. Para esto se investigó los modelos de fichas almacenados en el software de gestión de mantenimiento SisMAC, los cuales fueron utilizados para diseñar una plantilla.

En la Tabla 19-3 se muestra la ficha técnica elaborada para el triturador de martillos.

Tabla 19-3: Modelo de ficha técnica para triturador de martillos

| FICHA TÉCNICA | | | |
|------------------------------------|------------|---|-------------------------|
| EQUIPO: Tritrador de martillos | | CÓDIGO: | P1B15MTR01 |
| DATOS GENERALES DEL EQUIPO | | | |
| Marca | WILLIAMS |  | |
| Modelo | 780 | | |
| No serie | | | |
| Fabricante | WILLIAMS | | |
| Proveedor | FULLER | | |
| Año de fabricación | 16/11/1966 | | |
| Año de operación | 13/4/1990 | | |
| Criticidad | CRÍTICO | | |
| DATOS ESPECÍFICOS | | | |
| Largo (cm) | 243,84 | Alto (cm) | 986,79 |
| Ancho (cm) | 481,33 | Peso (kg) | 3826 |
| DATOS DE OPERACIÓN | | | |
| Capacidad de operación (TPH) | 500 | Humedad del material | 10% |
| Capacidad máx. de operación (TPH) | 550 | Humedad máx. del material | 15% |
| Granulometría de alimentación (mm) | 500 | Temperatura de descarga °C | 30 |
| Granulometría de descarga (mm) | 100 | Tipo descarga | Periférica |
| DATOS TÉCNICOS | | | |
| Potencia (HP) | 700 | Distancia mínima de martillo/pared | 2 plg |
| Número de masas | 1 | Tipo de pared de impacto | Graduable |
| Tolerancia máx. de desbalanceo | 2 libras | Nº martillos | 44 |
| velocidad de operación (rpm) | 890 | Sentido de rotación | horario/anti horario |
| Velocidad máx. de operación (rpm) | 900 | Tipo de blindaje de paredes | Placas de revestimiento |
| Tipo de pared de impacto | Graduable | | |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Las fichas técnicas de los equipos restantes se hallan en el ANEXO C, las cuales sirven como modelo para la elaboración de fichas de equipos industriales reales.

3.2.2.4 Determinación de tareas y frecuencias de mantenimiento

Para la elaboración de un plan de mantenimiento, en la teoría se expone varios métodos para realizarlo, para este caso se empleó un banco de tareas, el cual busca establecer tareas de mantenimiento en función del tipo de equipo.

Como se explicó en la literatura, para utilizar este método se debe acudir a base de datos que almacenen tareas aplicables a tipos de equipos. En este caso, las tareas de mantenimiento fueron tomadas del banco de tareas del software SisMAC, debido a su diversidad de implementaciones en varios tipos de activos (incluyendo plantas de trituración), que han permitido que este software posea una amplia base de datos de tareas de mantenimiento para equipos industriales de todo tipo.

Los tipos de tareas de mantenimiento que SisMAC ha establecido para cada tipo de equipo se indica en la Tabla 20-3.

Tabla 20-3: Tipos de tareas de mantenimiento

| Tipos de tareas de mantenimiento |
|----------------------------------|
| 1. Lubricación |
| 2. Inspecciones preventivas |
| 3. Inspecciones predictivas |
| 4. Trabajos preventivos |
| 5. Reemplazos |
| 6. Reparación |

Fuente: SISMAC, 2015

Elaborado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Con lo mencionado anteriormente se procedió a elaborar el plan de mantenimiento preventivo, como se observa en la Tabla 21-3 que muestra un ejemplo aplicativo para el sistema de trituración de piedra caliza, cuyo formato contempla el nombre del equipo y su código, las tareas de mantenimiento, su frecuencia y el responsable a ejecutarla.

Tabla 21-3: Plan de mantenimiento preventivo del sistema de trituración de caliza

| PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | |
|----------------------------------|--|---|------------|-------------|
| Sistema | TRITURACIÓN DE CALIZA | Facilitador: Ortiz Darwin-Pilatuña Lorena | Fecha: | Hoja N°: 1 |
| Cód. | 15 | Auditor: Ing. Sergio Villacrés-Ing. Gallegos César | Fecha: | De: 1 |
| Equipo | | Tarea | Frecuencia | Responsable |
| Cód. | Descripción. | | | |
| MTR01 | Triturador de martillos | Inspección de fugas de lubricante en chumaceras | Diaria | Lubricador |
| | | Inspección del estado de martillos | Semanal | Mecánico |
| | | Medición de vibraciones | Trimestral | Mecánico |
| | | Cambio de martillos | 120000 Tn | Mecánico |
| | | Revisión de ajuste de pernos de la carcasa y de anclaje | Mensual | Mecánico |
| | | Medición de ultrasonidos-rodamientos de chumaceras | Mensual | Mecánico |
| | | Inspección del estado de puertas de acceso, placas de revestimiento | Semestral | Mecánico |
| EME01 | Motor eléctrico del triturador de martillos | Termografía | Trimestral | Mecánico |
| | | Megado del motor | Trimestral | Eléctrico |
| | | Medición de ultrasonidos-rodamientos | Anual | Eléctrico |
| | | Medición de vibraciones | Mensual | Mecánico |
| MST01 | Transmisión por acople del triturador de martillos | | | |
| ETA01 | Tablero eléctrico de control del triturador de martillos | Termografía | Trimestral | Eléctrico |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Los planes de mantenimiento de los demás sistemas de la planta virtual de trituración se encuentran en el ANEXO D.

Por otro lado, el listado de tareas genéricas para cada tipo de equipo, se presenta en el ANEXO E.

3.2.2.5 Logística de Mantenimiento

Una vez elaborado los planes de mantenimiento preventivo de todos los sistemas de la planta de trituración de piedra caliza, el siguiente aspecto a considerar es la logística de mantenimiento, que se refiere a todos los recursos empleados para la ejecución de las tareas que se encuentran dentro de un plan de mantenimiento.

En la Tabla 22-3, se presenta la logística necesaria para la ejecución del plan de mantenimiento del sistema de trituración de piedra caliza, donde se indica: nombre del equipo y código, la tarea de mantenimiento a ejecutar, materiales/repuestos, herramientas/equipos, procedimiento de ejecución de la tarea y tiempo de duración.

Mediante la Tabla 22-3, se evidencia que las inspecciones preventivas requieren materiales, equipos/herramientas sencillas, en comparación a las inspecciones predictivas que necesitan de equipos de medición significativos como: cámaras termográficas, medidores de vibraciones, pirómetros, barómetros digitales etc.

La definición de la logística del resto de planes de mantenimiento preventivo de los sistemas de la planta de trituración de piedra caliza se encuentra en el ANEXO F.

Se elaboró información adicional, procedimientos para ciertas tareas de mantenimiento, que incluye formatos de registro de mediciones, gráficas de como ejecutar la tarea, valores e información necesaria para un control de los parámetros obtenidos luego de la ejecución de tareas; esta información se detalla en el ANEXO G.

Tabla 22-3: Logística de mantenimiento del sistema de trituración

| LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO | | | | | |
|--|--|--------------------------|---|--|--------------------|
| Sistema: | TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA | | Facilitador: Ortiz Darwin-Pilatuña Lorena | | Hoja N°: 1 |
| Código: | 15 | | Auditor: Ing. Villacrés Sergio-Ing. Gallegos César | | De: 4 |
| INSPECCIONES PREVENTIVAS | | | | | |
| EQUIPO | TAREA | MATERIALES/ REPUESTOS | HERRAMIENTAS/ EQUIPOS | PROCEDIMIENTO | TIEMPO DURACIÓN |
| Triturador de martillos | Inspección de fugas de lubricante en chumaceras | | | 1 Trabajos preliminares | 0, 5 hora |
| | | | | 2 Observar alguna fuga de lubricante alrededor de las chumaceras | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal | | | | | |
| Triturador de martillos | Inspección del estado de martillos | | | 1 Trabajos preliminares | 0,5 hora |
| | | | | 2 Abrir compuertas de acceso | |
| | | | | 3 Observar detenidamente los martillos | |
| | | | | 4 Poner atención a señales de desgaste, fisuras, corrosión, daño por calor, o materiales extraños | |
| | | | | 5 Cerrar compuertas de acceso | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal | | | | | |
| Triturador de martillos | Revisión de ajuste de pernos de la carcasa y de anclaje | | *Brocha | 1 Trabajos preliminares | 0,5 hora |
| | | | | 2 Observar el estado de los pernos y comprobar que no haya aflojamiento de los mismos | |
| | | | | 3 Verificar los seguros de los pernos | |
| | | | | 4 Reportar cualquier anomalía encontrada. | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal | | | | | |
| Triturador de martillos | Inspección del estado de puertas de acceso, placas de revestimiento) | | *Brocha | 1 Trabajos preliminares | 0,5 hora |
| | | | | 2 Limpieza general del triturador (de ser posible) | |
| | | | | 3 Observar detenidamente las puertas de acceso y placas de revestimiento | |
| | | | | 4 Verificar que las puertas de acceso cierren herméticamente | |
| | | | | 5 Poner atención a señales de desgaste, fisuras, corrosión, aflojamiento o materiales extraños en los elementos Inspeccionados | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal | | | | | |

Continúa

Continúa

| LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO | | | | | | |
|--|------------------------------|----------------------|--|---------------|---|-----------------|
| Sistema: | TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA | | Facilitador: Ortiz Darwin-Pilatuña Lorena | | Hoja N°: 2 | |
| Código: | 15 | | Auditor: Ing. Villacrés Sergio-Ing. Gallegos César | | De: 4 | |
| INSPECCIONES PREDICTIVAS | | | | | | |
| EQUIPO | TAREA | MATERIALES REPUESTOS | HERRAMIENTAS EQUIPOS | PROCEDIMIENTO | | TIEMPO DURACIÓN |
| Triturador de martillos- Motor eléctrico del triturador de martillos | Medición de vibraciones | *Guaípe | *Vibrotip *Transductor | 1 | Trabajos preliminares | 1 Hora |
| | | | | 2 | Encender VIBROTIP presionando la tecla M y pulsar ► para entrar en el menú principal | |
| | | | | 3 | Configurar en VIBROTIP fecha de medición, unidades de medida (RMS) | |
| | | | | 4 | Elegir la forma de medición: <i>Vibración</i> ◻ y confirmar la selección con la tecla ENT | |
| | | | | 5 | Limpiar la zona donde están marcados los puntos de medición previamente establecidos | |
| | | | | 6 | Presionar firmemente el sensor de VIBROTIP contra la carcasa en cada punto de medición | |
| | | | | 7 | Tener cuidado con las partes giratorias | |
| | | | | 8 | Pulsar la tecla M para medir manteniendo VIBROTIP derecho, y en caso de ser necesario guardar la medición presionando ENT | |
| | | | | 9 | Esperar un determinado tiempo hasta obtener la lectura adecuada (con señales fuertes y constantes más rápida será la repuesta) | |
| | | | | 10 | Registrar y anotar los valores obtenidos en una hoja formato | |
| | | | | 11 | Anotar las condiciones en las que se efectuó las mediciones | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal. | | | | | | |
| Motor eléctrico del triturador de martillos- Tablero eléctrico de control del triturador de martillos | Termografía | *Guaípe | *Cámara termográfica *Computador con el Software termográfico *Anemómetro *Medidor de humedad y temperatura *Lector de memoria | 1 | Trabajos preliminares | 2 Horas |
| | | | | 2 | Observar que el equipo este trabajando a plena carga, (en motores eléctricos la temperatura de funcionamiento normal se muestra en su placa). | |
| | | | | 3 | Medir y registrar las condiciones de ambiente (humedad relativa, temperatura ambiente, velocidad del viento.) | |
| | | | | 4 | Determinar y ajustar la emisividad de la cámara termografica en caso de ser necesario. | |
| | | | | 5 | Realizar ensayos de capturas a corta distancia (distancia recomendada a un 1 metro) | |
| | | | | 6 | Enfocar la cámara en el momento de tomar el termograma. | |
| | | | | 7 | Capturar con la cámara partes giratorias y/o estáticas del equipo termografiado | |

Continúa

Continúa

| LOGÍSTICA DE MANTENIMIENTO | | | | | | |
|--|------------------------------|--------------------------|---|---------------|---|--------------------|
| Sistema: | TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA | | Facilitador: Ortiz Darwin-Pilatuña Lorena | | Hoja N°: 3 | |
| Código: | 15 | | Auditor: Ing. Villacrés Sergio-Ing. Gallegos César | | De: 4 | |
| INSPECCIONES PREDICTIVAS | | | | | | |
| EQUIPO | TAREA | MATERIALES/ REPUESTOS | HERRAMIENTAS/ EQUIPOS | PROCEDIMIENTO | | TIEMPO DURACIÓN |
| | | | | 8 | Capturar en distintas posiciones para identificar posibles reflexiones (las reflexiones causan interpretaciones erróneas) | |
| | | | | 9 | Evitar cualquier fuente de interferencia durante la captura | |
| | | | | 10 | Una vez hallada la captura correcta guardar el termograma en la cámara | |
| | | | | 11 | Descargar el termograma en el software de termografía proporcionado por el proveedor de la cámara. | |
| | | | | 12 | Ingresar en el software de termografía las condiciones de ambiente medidas. | |
| | | | | 13 | Interpretar el termograma, identificando los puntos calientes y elaborar un informe del análisis. | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal. | | | | | | |
| Motor eléctrico del triturador de martillos | Megado del motor | *Guaípe *Teípe | *Megger *Destornilladores *Brocha | 1 | Trabajos preliminares | 0,5 Hora |
| | | | | 2 | Desenergizar el motor eléctrico. | |
| | | | | 3 | Destapar el centro de control | |
| | | | | 4 | Desconectar instrumentos de medición antes de meggar | |
| | | | | 5 | Calibrar la escala de aislamiento del megger (megaohmios) | |
| | | | | 6 | Configurar la escala de voltaje del megger (voltios) | |
| | | | | 7 | Colocar la punta de prueba positiva del megger en cualquier cable de la bornera de salida | |
| | | | | 8 | Colocar la punta de prueba negativa del megger en un punto haciendo tierra | |
| | | | | 9 | Presionar o girar la perilla de encendido para obtener la medición | |
| | | | | 10 | Tomar la lectura en un tiempo máximo de un minuto | |
| | | | | 11 | Dejar de presionar en la perilla del megger | |
| | | | | 12 | Descargar con el propio megger bajando la escala de aislamiento a OFF o con un cable desde la bornera | |
| | | | | 13 | Registrar los valores obtenidos en una hoja formato | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal | | | | | | |

Continúa

Continúa

| INSTRUCCIONES DE TAREAS | | | | | | |
|--|-------------------------------------|--------------------------|---|---------------|---|--------|
| Sistema: | TRITURACIÓN DE PIEDRA CALIZA | | Facilitador: Ortiz Darwin-Pilatuña Lorena | | Hoja N°: 4 | |
| Código: | 15 | | Auditor: Ing. Villacrés Sergio-Ing. Gallegos César | | De: 4 | |
| INSPECCIONES PREDICTIVAS | | | | | | |
| EQUIPO | TAREA | MATERIALES/ REPUESTOS | HERRAMIENTAS/ EQUIPOS | PROCEDIMIENTO | TIEMPO DURACIÓN | |
| Triturador de martillos- Motor eléctrico del triturador de martillos | Medición de ultrasonido-rodamientos | *Guaípe | *Vibrotip *Transductor | 1 | Trabajos preliminares | 1 hora |
| | | | | 2 | Encender VIBROTIP presionando la tecla M y pulsar  para entrar en el menú principal | |
| | | | | 3 | Configurar en VIBROTIP fecha de medición, unidades de medida (RMS) | |
| | | | | 4 | Elegir la forma de medición: <i>Diagnóstico de rodamiento</i>  y confirmar la selección con la tecla ENT | |
| | | | | 5 | Calcular dBi (valor inicial de impulso de choque), ingresando al analizador la velocidad de giro (rpm) y el diámetro interior del rodamiento (mm) seleccionando respectivamente   | |
| | | | | 6 | Limpiar la zona donde están marcados los puntos de medición previamente establecidos | |
| | | | | 7 | Evitar golpes o roces del transductor con otras partes móviles | |
| | | | | 8 | Medir seleccionando ENT y en caso de ser necesario guardarlas | |
| | | | | 9 | Visualizar los valores de la medición en la pantalla y registrarlas | |
| | | | | 10 | Analizar y evaluar las mediciones realizadas | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de Bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal. | | | | | | |
| Triturador de martillos | Cambio de martillos | *Martillos *Andamios | *Llaves hexagonales | 1 | Trabajos preliminares | 1 Hora |
| | | | | 2 | Abrir compuertas de acceso | |
| | | | | 3 | Colocar un andamio de acceso al lugar de trabajo | |
| | | | | 4 | Desajustar los pernos requeridos para extraer el martillo a ser reemplazado | |
| | | | | 5 | Desmontar el martillo en malas condiciones y colocar el nuevo | |
| | | | | 6 | Ajustar los pernos al torque requerido | |
| | | | | 7 | Desarmar andamio y cerrar las compuertas de acceso | |
| | | | | 8 | Probar correcto funcionamiento | |
| Trabajos preliminares (Recibir la O.T respectivamente autorizada - Egresar de bodega materiales necesarios - Trasladar los materiales al lugar de trabajo - Abastecerse de equipos de protección personal - Apagar la máquina en coordinación con los supervisores de la planta) | | | | | | |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.2.3 Creación del sitio web

Mediante la creación del sitio web de la planta virtual de trituración de piedra caliza, se generó una dirección única del sitio, que permitió identificarla en el Internet, misma que se muestra a continuación.

<http://www.plantavirtualop.com/>

Habilitado el sitio web de la planta virtual, se procedió a diseñarla, para esto se empleó un sistema de gestión de contenidos denominado WordPress, que permitió a través de su página administradora personalizar su apariencia. En la Figura 47-3, se muestra la página administradora de WordPress y cuyo enlace se muestra a continuación.

Dirección web de página administradora: <http://www.plantavirtualop.com/wp-admin/index.php>

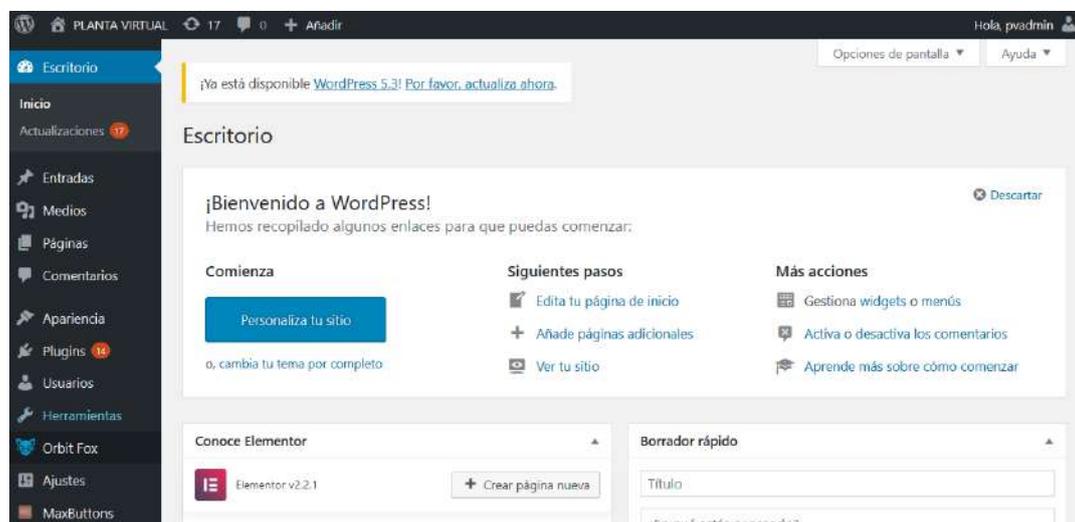


Figura 47-3. Página administradora de contenido “WordPress”

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

WordPress, presenta varias opciones para administrar contenido de un sitio web. En la Tabla 23-3 se muestran las opciones utilizadas en este caso.

Tabla 23-3: Opciones de WordPress utilizadas para administrar sitio web de la planta virtual

| Opción | Descripción |
|-------------------|---|
| <i>Entradas</i> | Permite crear, contenido de tipo: texto, imágenes, multimedia. |
| <i>Medios</i> | Biblioteca para almacenar información compatible con el sitio web. |
| <i>Páginas</i> | Opción para crear páginas, que estructuran al sitio web. |
| <i>Apariencia</i> | Permite crear, editar menús y modificar la apariencia del sitio web |
| <i>Maxbuttons</i> | Crea botones personalizados. |
| <i>Elementor</i> | Herramienta completa de diseño rápido. |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Mediante las opciones de WordPress primero se creó una página de inicio del sitio web de la planta virtual donde se contempló los siguientes elementos:

- Título Central: “Facultad de Mecánica” y “Planta virtual de trituración de piedra caliza”, hace referencia a la facultad a la que pertenece la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento y por otro lado al nombre del sitio web.
- Logotipo de ESPOCH: imagen del sello de la ESPOCH
- Menú de navegación: menú estructurado para acceder a otras páginas, estas son:

La página de inicio del sitio web se muestra en la Figura 48-3

Inicio: puerta principal de acceso al sitio web.

Misión: página diseñada para mostrar la misión de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

Visión: página establecida para mostrar la visión de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

Planta virtual: página creada para la visualización del modelo 3D de la planta trituradora de piedra caliza y su funcionamiento.

Sistemas de la planta: enlace diseñado para mostrar un submenú desplegable de 15 páginas web que llevan el nombre de los sistemas de la planta trituradora de piedra caliza, como se muestra en Figura 49-3.



Figura 48-3. Página de inicio del sitio web de la planta virtual de trituración de piedra caliza

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019



Figura 49-3. Submenú desplegable del ítem (sistemas de la planta).

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Para presentar la información de los sistemas de la planta virtual de trituración de piedra caliza del submenú desplegable, fue necesario el diseño de una plantilla para todas las páginas de estos sistemas. Esta plantilla fue diseñada de acuerdo a las siguientes directrices (ver Figura 50-3):

-Mostrar el modelo tridimensional del sistema.

-Mostrar botones personalizados denominados: despiece, funcionamiento del sistema, planos técnicos, plan de mantenimiento preventivo, instrucciones de tareas y fichas técnicas.



Figura 50-3. Plantilla para páginas de sistemas de la planta virtual

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.3 Etapa de ejecución

Posterior a la etapa creativa, le sigue la de ejecución, que consistió en trasladar todos los archivos de los diseños, despieces, animaciones, planos técnicos, planes de mantenimiento preventivo,

fichas técnicas e instrucciones de tareas de los sistemas de la planta virtual al sitio web. Para lograr lo mencionado se elaboró el siguiente flujograma de trabajo (ver Figura 51-3).

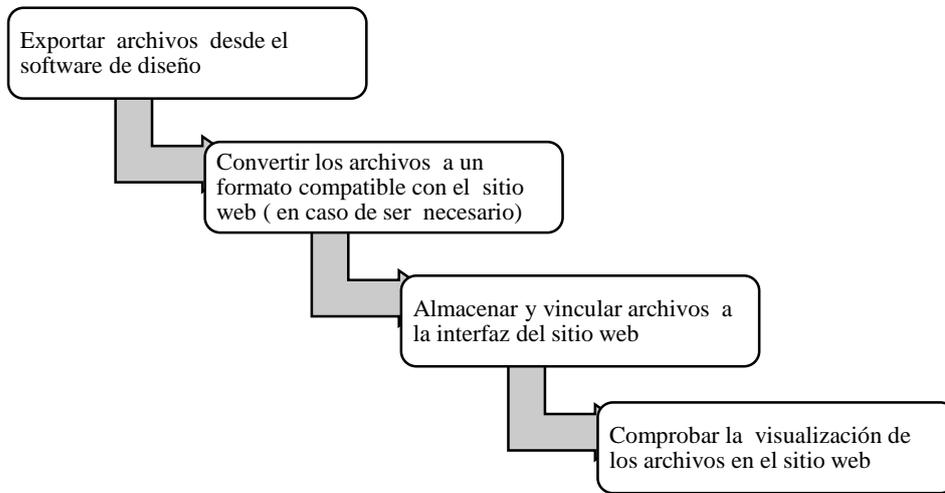


Figura 51-3. Flujograma de trabajo

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.3.1 Exportar archivos desde el software de diseño

La extensión de los archivos con los cuales trabaja Autodesk Inventor para los ensambles, animación/ despieces y planos técnicos son “iam”, “ipn”, “dwg” respectivamente. Este software exporta los archivos de despieces y animaciones en formatos de video y los planos técnicos en formatos de imagen o documentos portables (PDF). Sin embargo, los archivos de ensambles no pueden ser exportados en otro formato que no sea “iam”.

Con lo mencionado se procedió a exportar los archivos desde Autodesk Inventor, como se muestra en la Figura 52-3.

| Nombre | Fecha de modifica... | Tipo | Tamaño |
|--------------------------------------|----------------------|-------------|--------|
| 05 tolva | 9/10/2019 13:59 | Archivo PDF | 138 KB |
| 10 transportador de placas metalicas | 10/10/2019 16:21 | Archivo PDF | 220 KB |
| 15 triturador de martillos | 10/10/2019 12:44 | Archivo PDF | 162 KB |
| 20 sist. lubricación | 9/10/2019 14:57 | Archivo PDF | 208 KB |
| 25 transportador de banda | 9/10/2019 15:59 | Archivo PDF | 161 KB |
| 30 criba | 9/10/2019 16:36 | Archivo PDF | 201 KB |
| 35 transportador de banda | 9/10/2019 16:46 | Archivo PDF | 160 KB |
| 40 transportador de banda | 9/10/2019 17:28 | Archivo PDF | 160 KB |
| 45 elevador de cangilones | 10/10/2019 17:14 | Archivo PDF | 135 KB |

Figura 52-3. Exportación de planos técnicos

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.3.2 Convertir los archivos a un formato compatible con el sitio web

Las animaciones, despieces, planos técnicos e información de mantenimiento de todos los sistemas de la planta virtual presentaron formatos compatibles con el sitio web, al contrario de esto los ensambles mostraron inconvenientes de compatibilidad por la extensión de archivo.

Ante lo mencionado, existió la necesidad de convertir los archivos de ensambles a un formato que sea soportado por el sitio web de la planta. Mediante indagaciones se encontró que la empresa Autodesk presenta una herramienta de colaboración denominada “A360” que ofrece a los ingenieros y diseñadores la posibilidad de compartir, ver, revisar, almacenar proyectos de diseños 2D y 3D en un espacio de trabajo central.

Mediante “A360” los archivos de extensión “iam” de los ensambles de todos los sistemas de la planta trituradora, fueron almacenados en esta plataforma lo que permitió visualizar los diseños sin la necesidad de acceder a Inventor. Posteriormente con los ensambles cargados en “A360”, este originó códigos para cada ensamble almacenado, los cuales fueron compartidos en el sitio web de la planta virtual.

De este modo se obtuvo un lenguaje compatible de los ensambles con el sitio web de la planta virtual, que permitió visualizar los modelos tridimensionales en una pantalla similar a la de Autodesk Inventor (ver Figura 53-3).

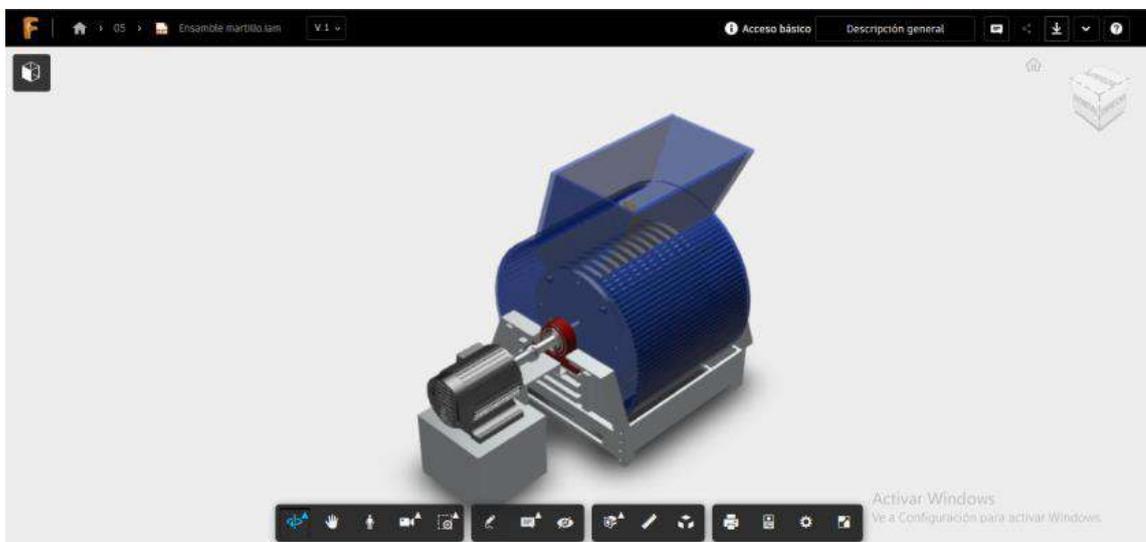


Figura 53-3: Ensamble visualizado en "A360"

Fuente: A360

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En la Tabla 24-3 se muestran los códigos de los ensambles originados por “A360”

Tabla 24-3: Lista de códigos de los ensambles de todos los sistemas de la planta virtual

| Nombre de Ensamble | Código de ensamble |
|----------------------------------|---|
| Planta de trituración | <iframe src="https://myhub.autodesk360.com/ue2c279e1/shares/public/SH56a43QTfd62c1cd968b5a676d38eb2ea53?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Tolva de alimentación | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf55a19dab0506e772?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Transportador metálico | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcfbfd4980b5945df63?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Triturador de martillos | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcfe1ce890d16c6233d?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Sistema de lubricación | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf889f2a38637981ec?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Banda transportadora a criba | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcfe841910fb61dc0f2?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Criba vibratoria | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcfecf2d9ff01576963?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Banda transportadora desde criba | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcfbaa8c99ebc8465cd?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Banda transportadora a elevador | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcfe841910fb61dc0f2?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Elevador de cangilones | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf21bbcf3bcd44c13?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Banda transportadora final | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf334c9a909806856f?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Filtro de mangas | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf6bc91e0ce5ebdff?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Transportador helicoidal | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf7afe61c60c532b15?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Compresor de pistón | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf1fb8440697fe82a2?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Ventilador industrial | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf37bf9560965c3772?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |
| Grupo electrógeno | <iframe src="https://gmail381098.autodesk360.com/shares/public/SH919a0QTf3c32634dcf90c3847630bd0bb0?mode=embed" width="1024" height="768" frameborder="0" allowfullscreen="allowfullscreen"></iframe> |

Fuente: A360

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.3.3 Almacenar y vincular archivos mediante WordPress

Con todos los proyectos en formatos compatibles con el sitio web de la planta virtual, esta información fue almacenada y manipulada a través de la página administradora de WordPress. En la Figura 54-3 se muestra el procedimiento y la opción de WordPress que se utilizó para almacenar y vincular archivos al sitio web.

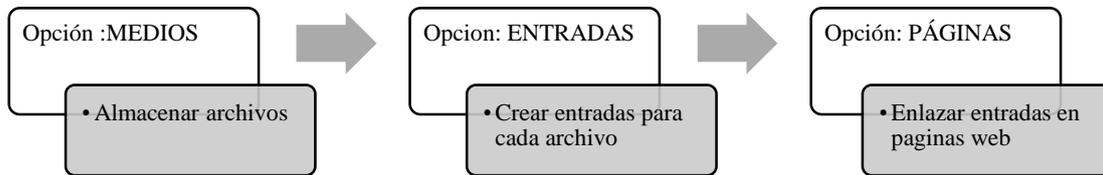


Figura 54-3. Procedimiento para almacenar y vincular archivos mediante WordPress

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.3.3.1 Almacenar archivos

A través de la opción MEDIOS (*en añadir nuevo*) se procedió a subir a la biblioteca de la página administradora de WordPress todos los planos técnicos, videos de funcionamiento, despieces e información de mantenimiento de los 15 sistemas de la planta virtual, como se muestra en la Figura 55-3.

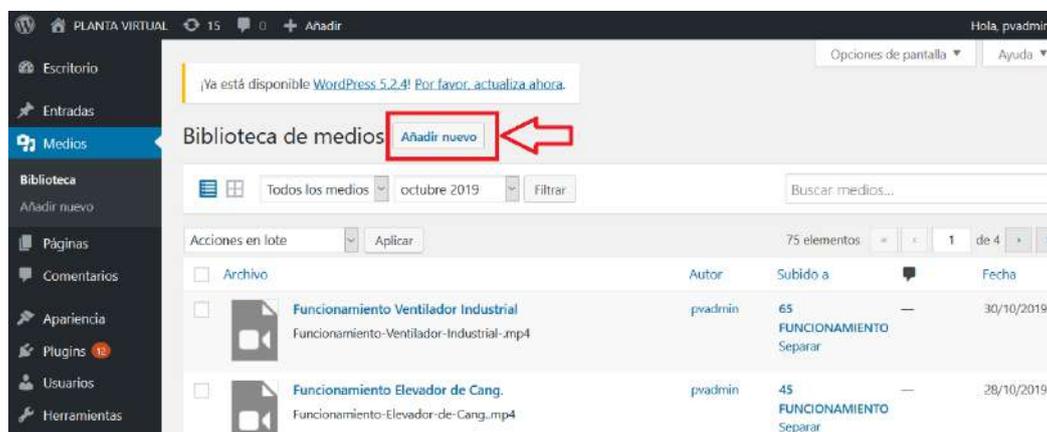


Figura 55-3. Almacenamiento de archivos en página administradora

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.3.3.2 Crear entradas para archivos almacenadas

Cada archivo almacenado para ser utilizado en el sitio web, debe identificarse con un nombre único denominado (slug). Esto se logró mediante la opción “ENTRADAS” (*en Añadir objeto*)

que permitió crear el nombre único de cada archivo (ver Figura 56-3). Debido al volumen de información almacenada fue necesario identificar la entrada de cada archivo de acuerdo a la codificación realizada para el nivel de sistema, como se muestra en la Tabla 25-3.



Figura 56-3. Ejemplo de creación de entrada para video de funcionamiento

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Tabla 25-3: Códigos definidos para subir archivos a la administración del sitio web

| Cód. | Descripción | Ejemplo de nombre de entrada para videos de funcionamiento |
|------|--|--|
| 05 | Sistema de recepción de piedra caliza | 05 Funcionamiento |
| 10 | Sistema de transporte de caliza- Alimentación al triturador | 10 Funcionamiento |
| 15 | Sistema de trituración de caliza | 15 Funcionamiento |
| 20 | Sistema de lubricación-triturador | 20 Funcionamiento |
| 25 | Sistema de transporte de caliza- Alimentación a criba vibratoria | 25 Funcionamiento |
| 30 | Sistema de clasificación de caliza | 30 Funcionamiento |
| 35 | Sistema de transporte desde Criba hasta B40 | 35 Funcionamiento |
| 40 | Sistema de transporte desde B40 hasta elevador de cangilones | 40 Funcionamiento |
| 45 | Sistema de elevación de caliza por cangilones | 45 Funcionamiento |
| 50 | Sistema de transporte hasta zona de producto terminado | 50 Funcionamiento |
| 55 | Sistema de colección de polvo por filtro de mangas | 55 Funcionamiento |
| 60 | Sistema de transporte de polvo del colector por filtro de mangas | 60 Funcionamiento |
| 65 | Sistema de ventilación del colector de polvo | 65 Funcionamiento |
| 70 | Sistema de generación de aire comprimido para colector | 70 Funcionamiento |
| 75 | Sistema de generación eléctrica-Grupo Electrógeno | 75 Funcionamiento |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Para las entradas de los videos de despieces, se utilizó el número que define al sistema más la palabra despiece y de forma similar para los demás archivos.

Los planos técnicos, videos de funcionamientos, despieces e información de mantenimiento adquirieron una dirección única para ser utilizada en los botones personalizados. Por otro lado, los códigos de ensambles fueron incrustados en lenguaje HTML y organizados en las diferentes páginas del sitio web.

3.3.3.3 Vinculación de entradas de contenido a páginas

La vinculación consiste en asignar archivos en los botones personalizados, esto se logró mediante el slug generando en la creación de entradas. En la Figura 57-3 se observa la vinculación de archivos en los botones personalizados. De este modo se procedió para todas las páginas de los sistemas de la planta virtual.

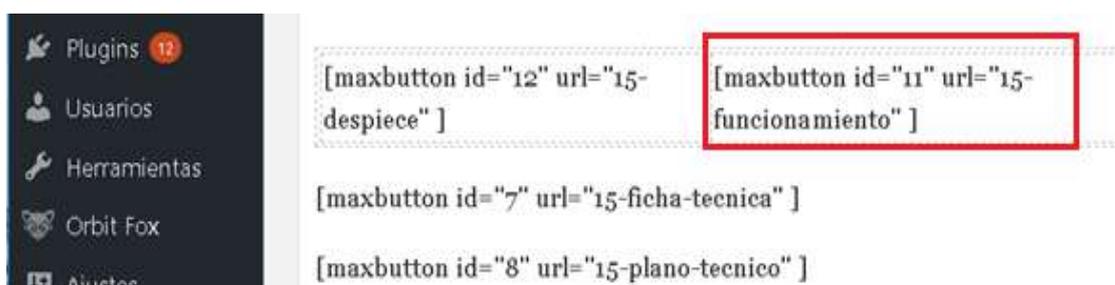


Figura 57-3. Ejemplo de vinculación en botones personalizados

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En la Figura 58-3, se presenta un código de ensamble incrustado en la zona HTML de una página web. De este modo, se vinculó los modelos tridimensionales a las páginas de los sistemas de la planta virtual.

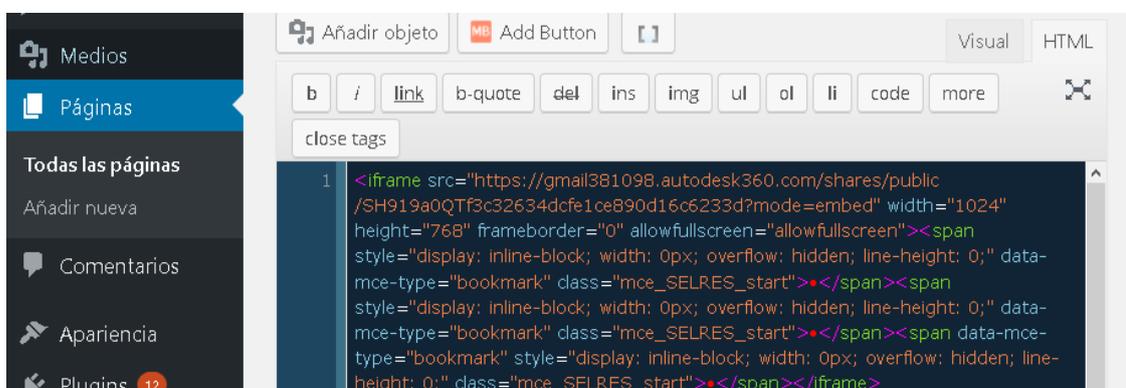


Figura 58-3. Ejemplo de incrustación de código de ensamble en página web

Fuente: WordPress

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

3.3.4 Comprobar la visualización de los proyectos en el sitio web

Luego de haber vinculado todos los archivos en el sitio web de la planta virtual, se verificó que los botones y páginas conduzcan al contenido correcto. En las Figuras 59-3 y 60-3, se muestran las capturas de las verificaciones realizadas en el sitio web de la planta virtual, además se visualizó que los botones personalizados direccionaron a la información indicada por este.

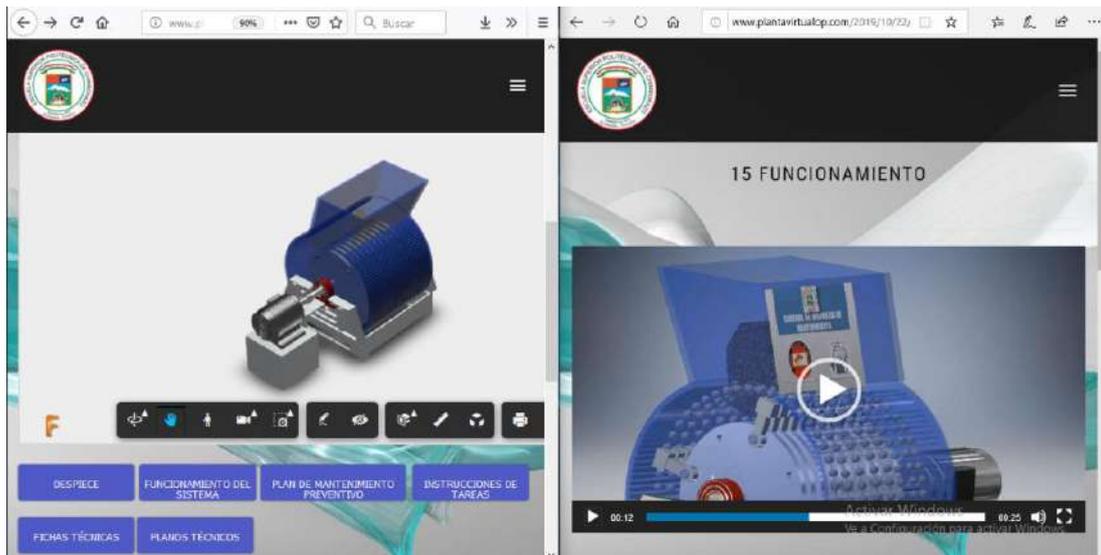


Figura 59-3. Verificación de visualización de información en sitio web

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

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

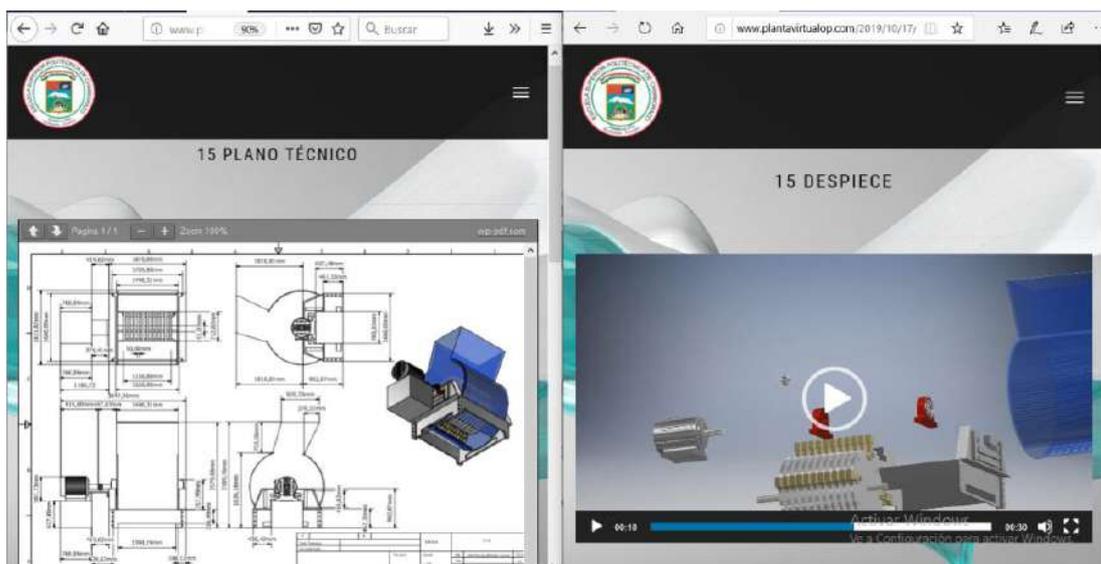


Figura 60-3. Verificación de visualización de información en sitio web

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

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado se presenta una comparación y análisis de resultados de dos encuestas realizadas a dos grupos de estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, con el objetivo de demostrar el alcance del sitio web de la planta virtual de trituración de piedra caliza. Además, se abordará los recursos necesarios para el desarrollo de esta herramienta tecnológica.

4.1 Resultados

A continuación, se muestran los resultados de las encuestas aplicadas antes y después de la presentación del sitio web.

4.1.1 Primera encuesta: grupo N_{0.1}

Este instrumento de evaluación se realizó antes de la elaboración del presente trabajo para recabar información sobre el conocimiento de un grupo de estudiantes de 8vo semestre sobre plantas de trituración de piedra caliza y su mantenimiento.

Esta encuesta fue estructurada por tres preguntas cerradas de elección única entre SI y NO, que permitió analizar y tabular rápidamente los resultados como se muestra en la Tabla 1-4.

Tabla 1-4: Resultados de primera encuesta

| Resultados | | | | |
|--|-----------|----|------------|------------|
| Número de estudiantes encuestados: 26 | | | | |
| Preguntas | Respuesta | | Conclusión | |
| | SI | NO | Conocen | Desconocen |
| ¿Conoce usted acerca del proceso de trituración de piedra caliza? | 5 | 21 | 19% | 81% |
| ¿Sabe usted que actividades de mantenimiento preventivo se le da a un reductor de velocidad? | 4 | 22 | 15% | 85% |
| ¿Sabe usted que función cumple un filtro de mangas? | 0 | 26 | 0% | 100% |
| Conclusión general | | | 12% | 88% |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

En el Gráfico 4-1, se visualiza los resultados obtenidos en la primera encuesta, se observa que el 12% de 26 estudiantes desconocen sobre el funcionamiento y mantenimiento de plantas trituradoras de piedra caliza.

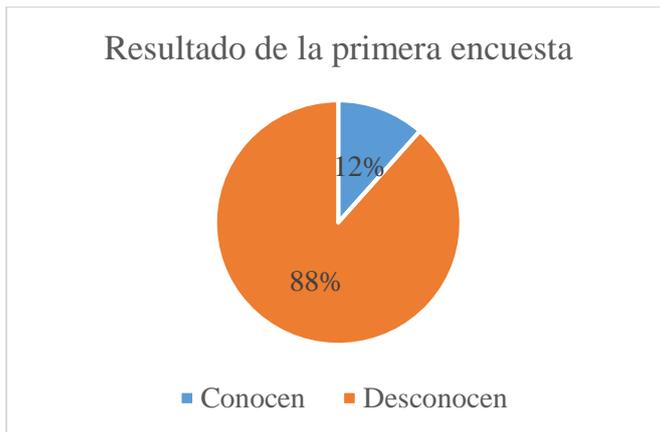


Gráfico 1-4. Resultados de la primera encuesta

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

4.1.2 Segunda encuesta: grupo N.º 2

La segunda encuesta se realizó posterior a la difusión y presentación del sitio web de la planta virtual, la cual ha registrado 2552 visitas como se muestra en la Figura 1-4, dato obtenido el 23 de noviembre del 2019.

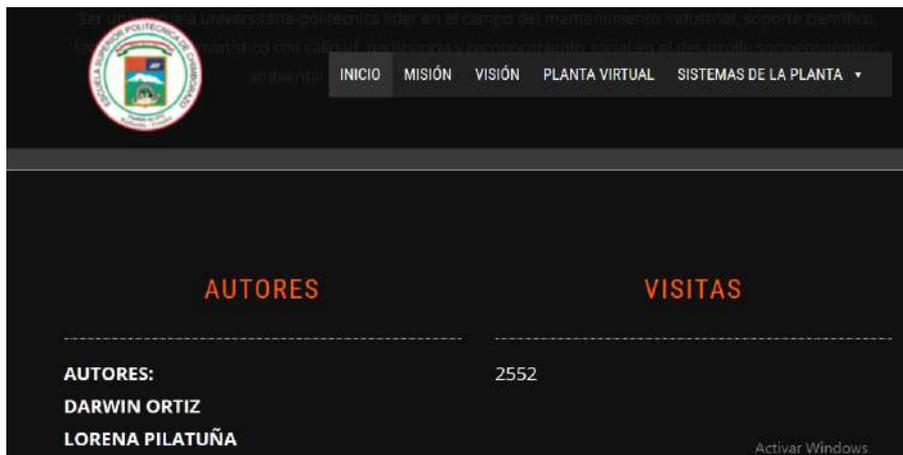


Figura 1-4: Número de visitas del sitio web

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

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Ante lo mencionado la segunda encuesta fue realizada con el objetivo de detectar los conocimientos captados por los estudiantes ante la visualización del diseño virtual del presente trabajo. Esta se aplicó a un grupo de 25 estudiantes de 8vo semestre de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento, cuyo resultado se detalla en la Tabla 2-4.

Tabla 2-4: Resultados de la segunda encuesta

| Resultados | | | | |
|--|-----------|----|-------------|----------------|
| Número de estudiantes encuestados: 25 | | | | |
| Preguntas | Respuesta | | Conclusión | |
| | SI | NO | Conoce n | Desconoce n |
| ¿Conoció usted acerca del proceso de trituración de piedra caliza? | 24 | 1 | 96% | 4% |
| ¿Visualizó usted los sistemas industriales y tipos de equipos que constituyen una planta trituradora de piedra caliza? | 25 | 0 | 100% | 0% |
| ¿Identificó usted los tipos de tareas de mantenimiento que se le pueden ejecutar a un triturador de martillos? | 18 | 7 | 72% | 28% |
| ¿El diseño de la planta virtual de trituración de piedra caliza le permitió incorporar nuevos conocimientos sobre el funcionamiento y mantenimiento de quipos y máquinas industriales? | 22 | 3 | 88% | 12% |
| Conclusión general | | | 89% | 11% |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

El Gráfico 2-4, muestra los resultados de la segunda encuesta, este indica que el 89% de 25 estudiantes captaron información sobre el funcionamiento y mantenimiento de plantas trituradoras de piedra caliza ante la visualización de su sitio web.

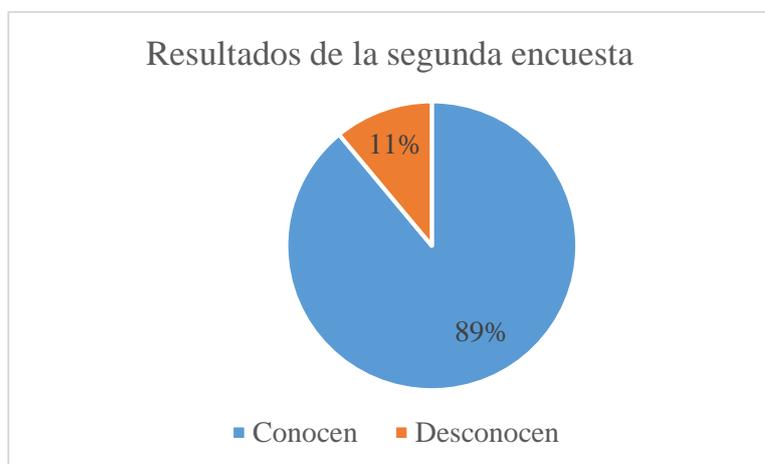


Gráfico 2-4. Resultados de segunda encuesta

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

4.2 Análisis de resultados

En el Gráfico 3-4, se representan los resultados de las encuestas aplicadas a los dos grupos de estudiantes, se observa que en la segunda encuesta el porcentaje de conocimiento sobre plantas de trituración de piedra caliza y su mantenimiento se incrementó considerablemente en comparación a la primera encuesta; esto significa que el sitio web de la planta virtual de trituración

de piedra caliza funciona como herramienta didáctica mejorando y promoviendo conocimientos al visualizar modelos tridimensionales interactivos.



Gráfico 3-4: Porcentajes de resultados de encuestas

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

Las encuestas utilizadas para el análisis de resultados realizado se encuentran en el ANEXO H

4.3 Recursos

4.3.1 Recursos humanos

Para la realización del presente trabajo de titulación se contó con:

Tesistas

Director y Miembro

Grupo experimental (estudiantes de la carrera de Ingeniería de Mantenimiento)

4.3.2 Recursos económicos

Para el diseño de la planta virtual y creación de su sitio web, se debe considerar los siguientes recursos, que en su mayoría son tecnológicos (Ver Tabla 3-4)

Tabla 3-4: Presupuesto

| Descripción | Valor unitario | unidad | Total |
|---|----------------|--------|---------------|
| Descarga e instalación de Autodesk Inventor | 15,00 | und | 30,00 |
| Pago de hosting de sitio web | 90,00 | | 180,00 |
| Compra de memoria USB | 15,00 | und | 15,00 |
| Capacitación para diseño de sitio web | 25,00 | | 50,00 |
| COSTO TOTAL | | | 275,00 |

Fuente: Autores

Realizado por: Ortiz Darwin, Pilatuña Lorena, 2019

CONCLUSIONES

Las plantas de trituración de caliza, toman un rol importante dentro del sector minero, la selección de sus sistemas industriales depende de ciertos factores como: razón de reducción del material a triturar, capacidad de planta (toneladas por hora TPH), características físico-químicas del material de entrada, robustez y mantenimiento de las máquinas etc. Durante la investigación se encontró que, dentro de la minería del Ecuador, el oro, la plata, la caliza son los minerales que aportan mayoritariamente al ingreso económico del país; concluyéndose que el mismo tiene un gran potencial en el sector minero.

Se diseñó la planta virtual de trituración de piedra caliza, a través de la aplicación de una metodología de diseño basada en tres etapas: analítica, creativa y de ejecución, creando 15 modelos tridimensionales y sus respectivos planos técnicos, animaciones y despieces obteniendo una planta virtual con fines didácticos, mediante el empleo del software de dibujo asistido por computadora Autodesk Inventor. Del diseño realizado también se concluyó que este software es una herramienta computacional eficiente de modelado, dimensionamiento y simulación.

Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la planta virtual de trituración de piedra caliza. El desarrollo del plan se logró a través de los siguientes aspectos: inventario técnico, codificación del inventario, recopilación de información técnica, determinación de tareas y frecuencias de mantenimiento y logística. Las tareas para el plan de mantenimiento se tomaron del banco de tareas del software SisMac y mediante la elaboración de fichas técnicas se recopiló información.

Para presentar el diseño de la planta virtual de trituración de piedra caliza conjuntamente con su plan de mantenimiento preventivo se creó un sitio web educativo, recurso que permitió difundir los modelos 3D y su respectiva información a estudiantes de la Carrera de Ingeniería de Mantenimiento, concluyéndose que el material didáctico del sitio web incrementó los conocimientos sobre el contenido presentado del 12% al 89%, resultado obtenido de la aplicación de encuestas.

RECOMENDACIONES

Actualizar el sitio web de la planta de trituración de piedra caliza, implementando otro tipo de modelos virtuales industriales e información de mantenimiento, de modo que se amplíe el contenido de la misma.

Aplicar la metodología de diseño utilizada en el presente trabajo para el desarrollo de otros proyectos similares.

Agregar más funcionalidad al sitio web de la planta virtual, añadiendo opciones como: acceso a chat, zona de evaluación, actividades entre otros, mediante un análisis de entornos virtuales con enfoque educativo.

Revisar periódicamente el contenido del sitio web de la planta virtual de trituración de piedra caliza.

GLOSARIO

| | |
|---------------|---|
| ESPOCH | Escuela Superior Politécnica de Chimborazo |
| CAD | Dibujo Asistido por Computadora |
| CAM | Manufactura Asistido por Computadora |
| 2D | Dos dimensiones |
| 3D | Tres dimensiones |
| SISMAC | Sistema de mantenimiento asistido por computadora |
| CMS | Content Management System |
| HTML | Hyper Text Markup Language |
| HTTP | Hyper Text Transfer Protocol |
| URL | Uniform Resource Locator |

BIBLIOGRAFÍA

AGUIAR, A. Diseño de una infraestructura de nueva planta para la línea de producción de los modelos buller y linner 12 en Dina camiones [en línea] (Tesis de maestría). Centro de Tecnología Avanzada, Sahagún, Hidalgo.2017. pp.27-35 [Consulta: 2019-06-14] Disponible en: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/93/1/AguilarJaenAntonio%20MANAV%202017.pdf>

ALLERT, K. “Cintas Transportadoras de placas articuladas”.*Design:SPRUNG Marketing.Kommunikation.* [en línea],2015 (Alemania). [Consulta: 2019-06-14]. Disponible en: https://www.allert-oberndorf.eu/fileadmin/user_upload/pdf/160215_allert_produk_t_rz_cc-spa-es_web.pdf

ARCHER, Bruce. *Método sistémico para diseñadores.* Londres: The Design Council, 1963

ARCOM. *El control minero del país se sustentará en cuatro ejes de acción 2018.* [blog]. [Consulta: 2019-08-01]. Disponible en: <http://www.controlminero.gob.ec/el-control-minero-del-pais-se-sustentara-en-cuatro-ejes-de-accion/>

ATLASCOPCO. *Aire comprimido.* [blog]. [Consulta: 2019-07-29] 3 de mayo de 2018. [Citado el: 29 de julio de 2019.] Disponible en:<https://www.airecomprimidoblog.es/compresion-desplazamiento-dinamica/>.

AUTODESK. *3D Design, Engineering & Construction Software.* [blog]. [Consulta: 2019-07-31] Disponible en: <https://www.autodesk.com/>.

CAMACHO, S. Desarrollo de una plataforma web para el sistema de gestión de la información de proyectos de fiscalización realizados por la empresa Tecnie, Accesible Local y Remotamente. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica Electrónica, Escuela de Ingeniería en Electrónica y redes de Información, Quito.2015. p.30. [Consulta: 2019-06-15] Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10786>

CARZOLA, José Eduardo & HUERTA Luis Clemente. 2016. Comparativa de herramientas de simulación virtual, aplicadas al recorrido de las ruinas de baños del inca en el cantón Tambo. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Diseño Gráfico, Riobamba.2015. pp.14-15 [Consulta: 2019-06-17] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6497>

CHAUR BERNAL, Jairo. Diseño conceptual de productos asistido por ordenador: Un estudio analítico sobre aplicaciones y definición de la estructura básica de un nuevo programa. [en línea] (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Cataluña, Departamento de Proyectos de Ingeniería, Barcelona.2004. pp.61-97. [Consulta: 2019-08-05] Disponible en: <https://www.tdx.cat/handle/10803/6837>

CINTACASA. *Cintacasa.* [blog]. [Consulta: 2019-08-05] Disponible en: <https://www.cintacasa.com/en/products/feeder-conveyors/apron-feeder/>

COBOS GUTIÉRREZ, C et al. *Geometría para ingenieros.* [En línea]. Madrid: Editorial Tébar, SL 2012 [Consulta: 2019-07-14]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=1Cg6uxdcCNsC&pg=PA3&dq=COBOS+GUTI%C3%89RREZ.+Geometr%C3%ADa+para+ingenieros&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjrgunuoI3mAhXHtVkKHQ4tCfoQ6AEILjAB#v=onepage&q=COBOS%20GUTI%C3%89RREZ.%20Geometr%C3%ADa%20para%20ingenieros&f=false>

DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS. *De máquinas y herramientas.* [blog] [Consulta: 2019-8-05]. Disponible en: <https://www.demaquinasyherramientas.com/contacto>.

DISMET. *Catálogo de transporte y manipulación de materiales.* [blog]. [Consulta 2019-08-03] Disponible en: <https://www.dismet.com/maquinaria-equipo-dismet/manipulacion-materiales-a-granel/catalogo-transporte/>

DUDA, W. *Manual tecnológico del cemento.* [En línea]. Barcelona: Editores técnicos asociados [Consulta: 2019-07-17]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=pt208Ey56YC&printsec=frontcover&dq=DUDA,+W.+Manual+tecnol%C3%B3gico+del+cemento&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjZ9cyDo43mAhWitVkKHRLZB_8Q6AEIKDAA#v=onepage&q=DUDA%2C%20W.%20Manual%20tecnol%C3%B3gico%20del%20cemento&f=false

FLORES OROZCO, Ángel Patricio. Desarrollo de un entorno virtual colaborativo aplicado a la enseñanza del diseño web, en la ESPOCH extensión Morona Santiago para mejorar el aprendizaje significativo. [en línea] (Trabajo de maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Instituto de Posgrado y Educación Continua, Riobamba.2016. pp.9-23. [Consulta: 2019-07-18] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4687>

FORMATS CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD. *Trituradoras de roca.* [blog]. [Consulta: 2019-08-02]. Disponible en: <http://tritadoras-de-roca.com/Equipo/>.

GARCIA, G.S. *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Madrid-España: Ediciones Días Santos, S.A., 2010.

GUTIÉRREZ BRENES, Greivin David. Rediseño de filtro de mangas del area de premezclados para la planta Cemex Costa Rica. [en línea] (Trabajo de titulación). Tecnológico de Costa Rica, Facultad de Ingeniería Electrónica, Escuela de Mantenimiento Industrial, Cartago.2017. pp.25-27. [Consulta: 2019-07-17] Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9636>

ISO: 14224. 2006. *Petroleum, petrochemical and natural gas Industries-Collection and Exchange of reliability and maintenance data for equipment 2006.*

LABAHN, O & KOHLHAAS, B. *Prontuario del cemento.* [En línea]. Barcelona : Reverté S.A., 1985 [Consulta: 2019-06-14]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=9UO8F9deIuwC&printsec=frontcover&dq=Prontuario+del+cemento&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiSnr3Xp43mAhWBuVkJKHXbPDjIQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Prontuario%20del%20cemento&f=false>

MIRAVETE, A & LARRODÉ, E. *Transportadores y Elevadores.* [En línea]. Barcelona: Reverté S.A., 2004. [Consulta: 2019-07-17]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=dSCnjifbKg4C&printsec=frontcover&dq=MIRAVETE,+A+%26+LARROD%C3%89,+E.+Transportadores+y+Elevadores.&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj9weGgqY3mAhUm1VkJKHCaNCdkQ6AEIKDAA#v=onepage&q=MIRAVETE%2C%20A%20%26%20LARROD%C3%89%2C%20E.%20Transportadores%20y%20Elevadores.&f=false>

MONTIFIL. *Montifil: aspiración y filtración industrial.* [blog] 2016. [Consulta: 2019-08-5]. Disponible en:<https://www.montifil.com/es/ventiladores-industriales/120-ventiladores-industriales-pdm.html>.

MOTIÑO, D. Sitios web educativos como estrategias didácticas en la enseñanza aprendizaje de los contenidos programáticos de los estudiantes de primer curso de Educación Magistral de la Escuela Mixta del Litoral Atlántico. [en línea] (Trabajo de maestría). Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, Dirección de Posgrado, San Pedro Sula.2013. pp. 14-23. [Consulta: 2019-08-18] Disponible en: <http://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcwq1x3>

MOTT, R. *Mecánica de fluidos.* [En línea]. Barcelona: Reverté S.A., 2004. [Consulta: 2019-07-17]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=LbMTKJ4eK4QC&printsec=frontcover&dq=MOTT,+R.+Mec%C3%A1nica+de+fluidos&hl=es->

419&sa=X&ved=0ahUKEwjnqou2q43mAhUnx1kKHVezDO8QuwUILDAA#v=onepage&q=MOTT%2C%20R.%20Mec%C3%A1nica%20de%20fluidos&f=false

RUIZ, M et al. *Instalación de sistemas de control eléctrico industrial*. [En línea]. Santiago, Chile: s.n., 2017. Disponible en: <http://www.inacap.cl/web/2017/flippage/instalacion-de-sistemas-de-control-electrico-industrial/instalacion-de-sistemas-de-control-electrico-industrial.pdf>

TORRES, C & QUEVEDO, G. Diseño y construcción de una máquina cortadora y despulpadora de cacao con una capacidad de 2400 mazorcas por hora para mejorar la productividad del agricultor. [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela Ingeniería de Ingeniería Mecánica, Riobamba.2019. pp. 38-40. [Consulta: 2019-08-18] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11539>

UNE- EN 13306. 2018. *Terminología del mantenimiento*.

URDAY, D. Diseño de una planta móvil de trituración de caliza para una capacidad de 50 TN/H. [en línea] (Trabajo de titulación). Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Lima. 2013. [Consulta: 2019-07-16] Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5334>

URIBE, Rafael. "Investigaciones de Materias Primas Minerales No Metálicas en el Ecuador". *Revista Politécnica* [en línea],2015 (Ecuador) 36(3), p.34. [Consulta: 2019-06-14] Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/607

VARGAS, K & VERJAN, N. Propuesta de plan de mantenimiento para la planta móvil de trituración de piedra de la empresa minera agregados y mezclas S.A.S. ubicada en el municipio de Tocancipa Cundinamarca. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Tecnología Mecánica Bogotá. 2016.pp.23-25. [Consulta: 2019-07-16] Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/7160/1/NestorFabianVerjanPerez2016.pdf>

VÁSQUEZ, R et al. "Propuesta de implementación de plantas virtuales para la enseñanza de programas de control lógico". *Revista Educación en Ingeniería*. [en línea], 2016, (Colombia) 11 (22) pp.46-51. [Consulta: 2019-07-19] Disponible en: <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/650>

VISCAÍNO, M. Desarrollo de un plan de mantenimiento para el funcionamiento adecuado de los equipos eléctricos y mecánicos de un edificio de oficinas en la ciudad de Cuenca. [en línea] (Trabajo de maestría). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Instituto de Posgrado y Educación Continua, Riobamba.2016. pp.36-37. [Consulta: 2019-08-19] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4752>

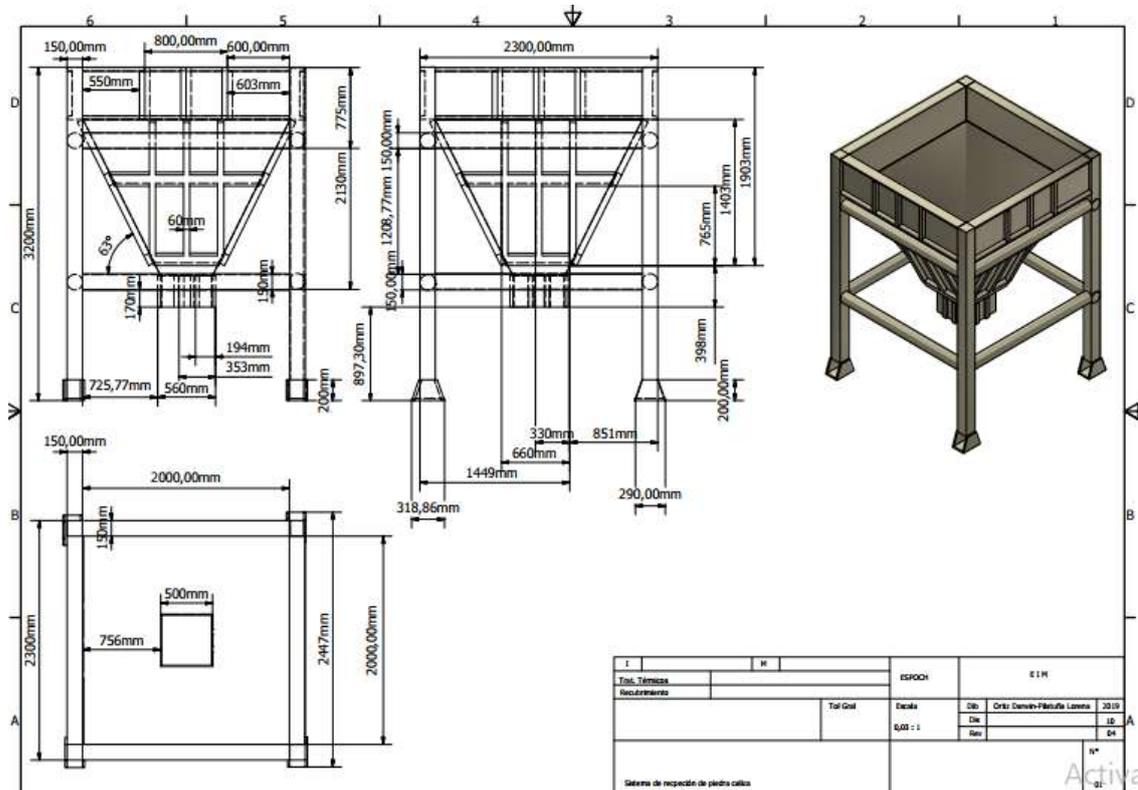
ZURITA, M. Proyecto de una planta de trituración para cantera de caliza. [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, Madrid. 2012. pp. 1-13. [Consulta: 2019-07-16] Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_1bK2uo3mAhWupFkKHYN3B1UQFjABegQIChAC&url=http%3A%2F%2Foa.upm.es%2F14978%2F1%2FPFC_Miguel_Zurita_Eiranova.pdf&usg=AOvVaw2S3-yTdreJORM9-DVlh7t

ANEXOS

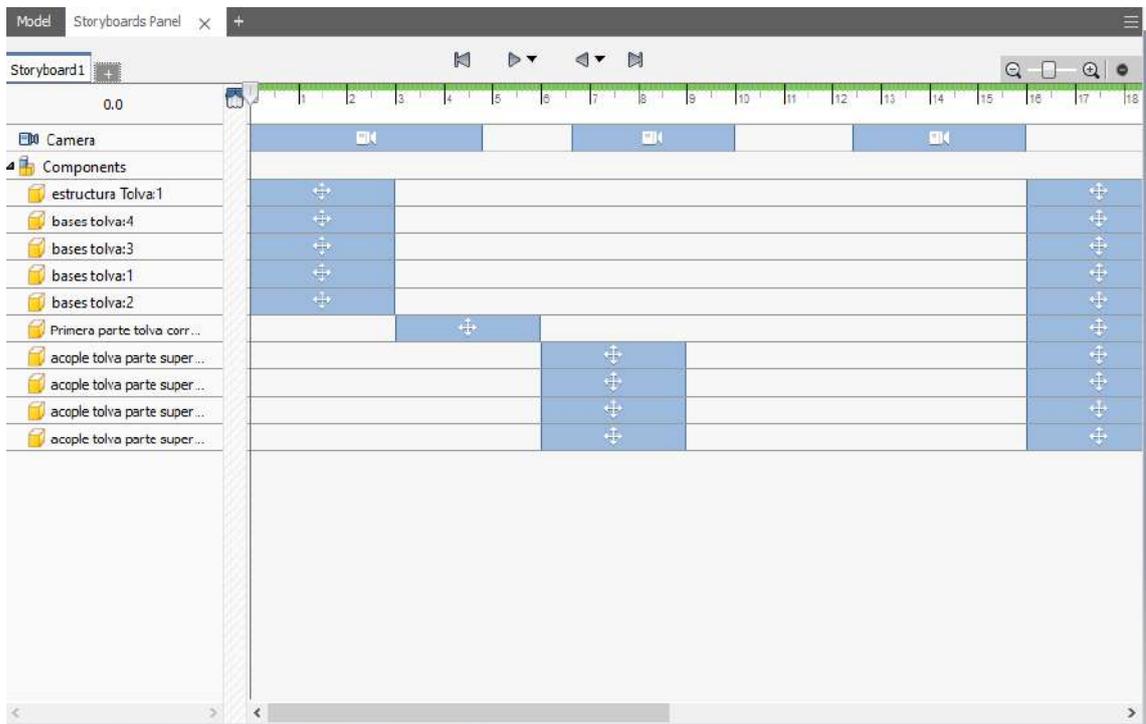
ANEXO A: MODELOS TRIDIMENSIONALES
SISTEMA DE RECEPCIÓN DE PIEDRA CALIZA



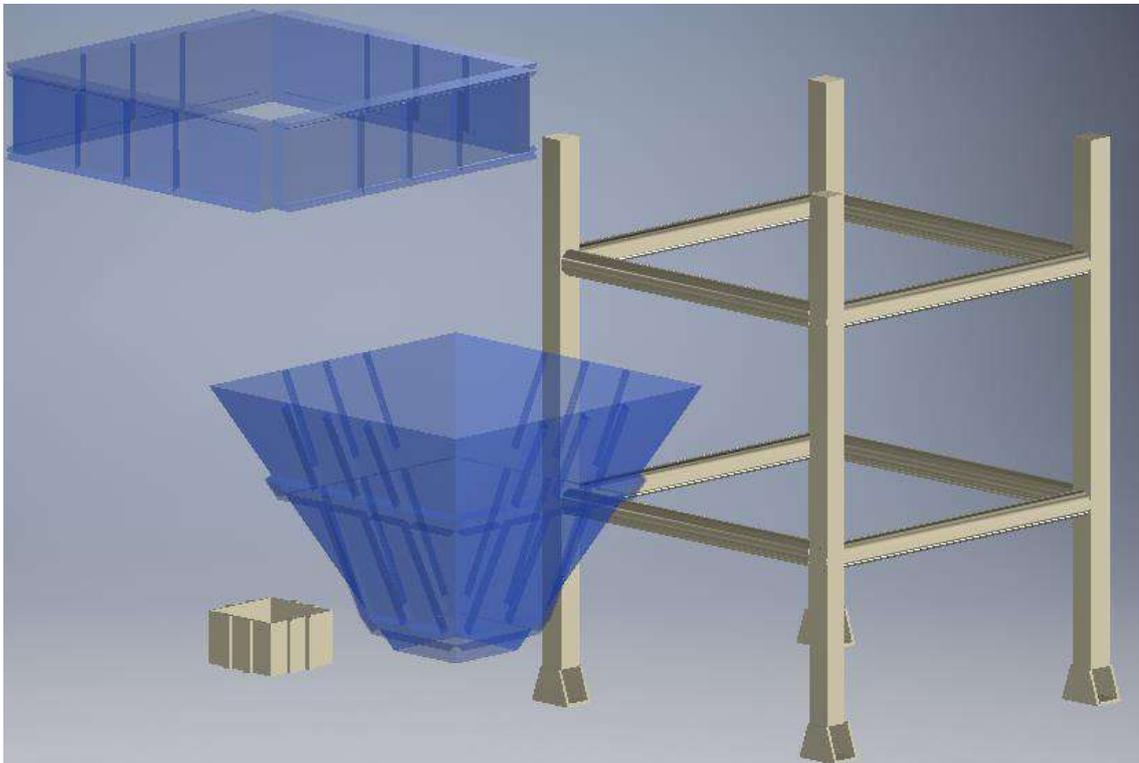
PLANO TÉCNICO



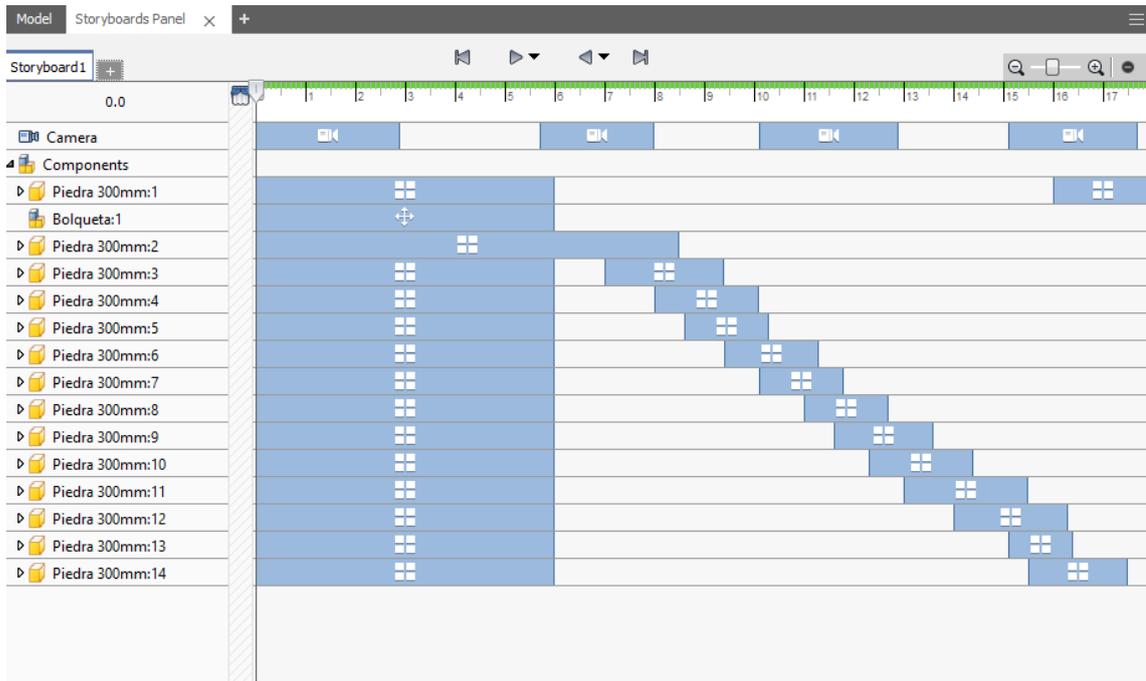
HOJA DE PROGRAMACIÓN DESPIECE



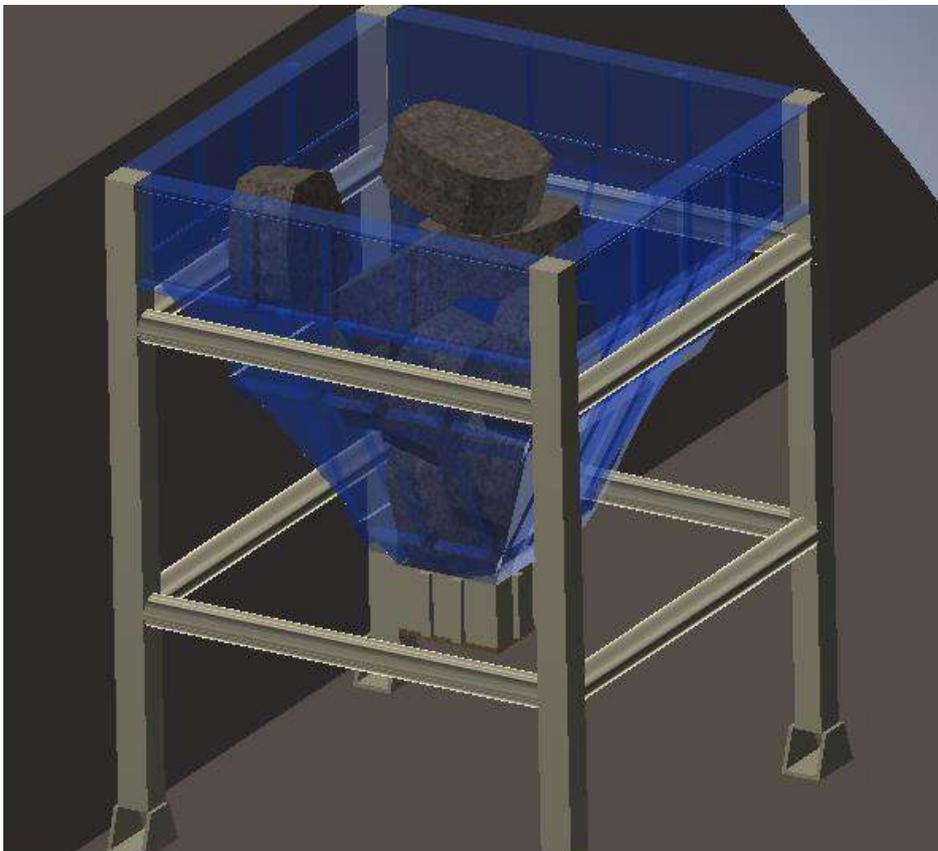
DESPIECE DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE PIEDRA CALIZA



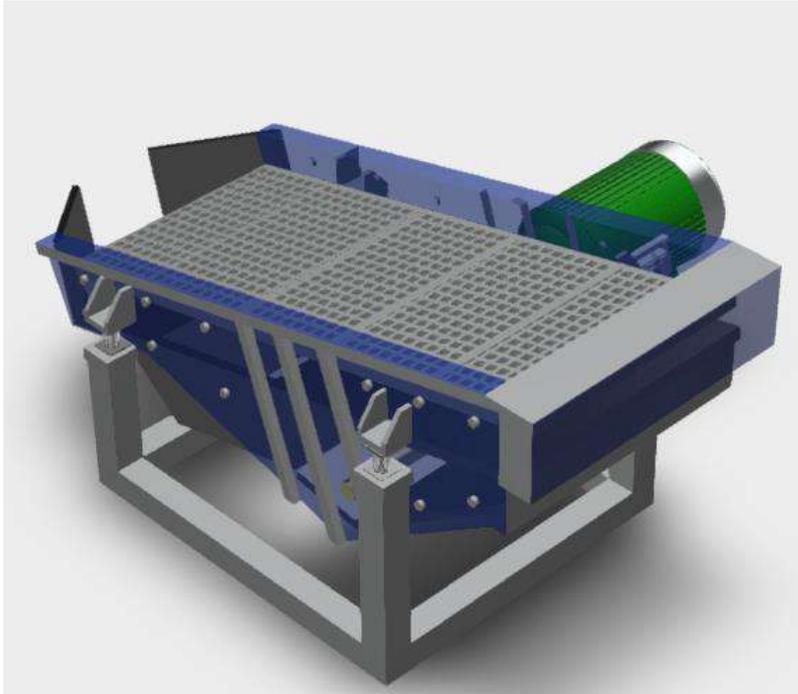
HOJA DE PROGRAMACIÓN FUNCIONAMIENTO



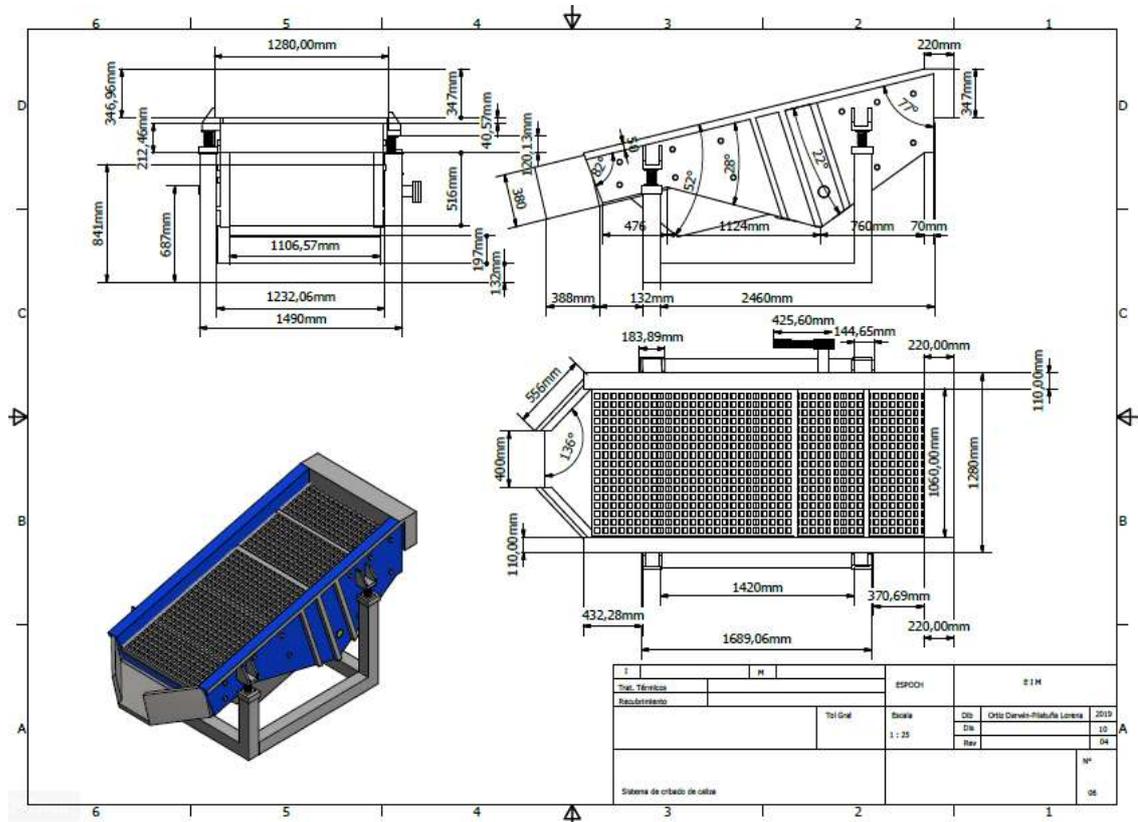
ANIMACIÓN DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE PIEDRA CALIZA



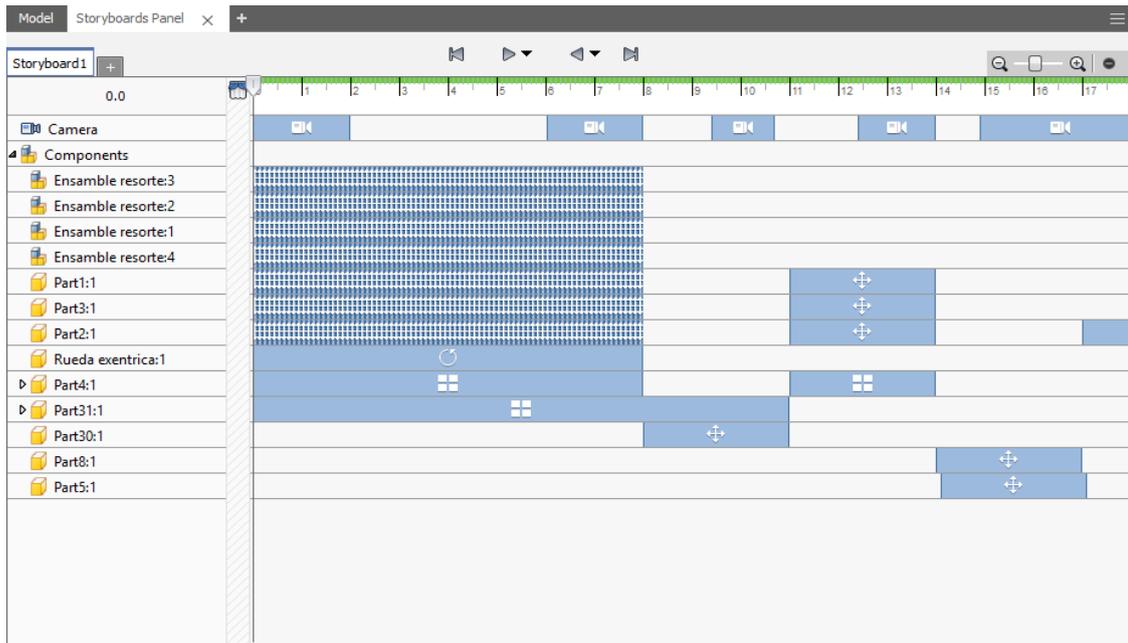
SISTEMA DE CRIBADO



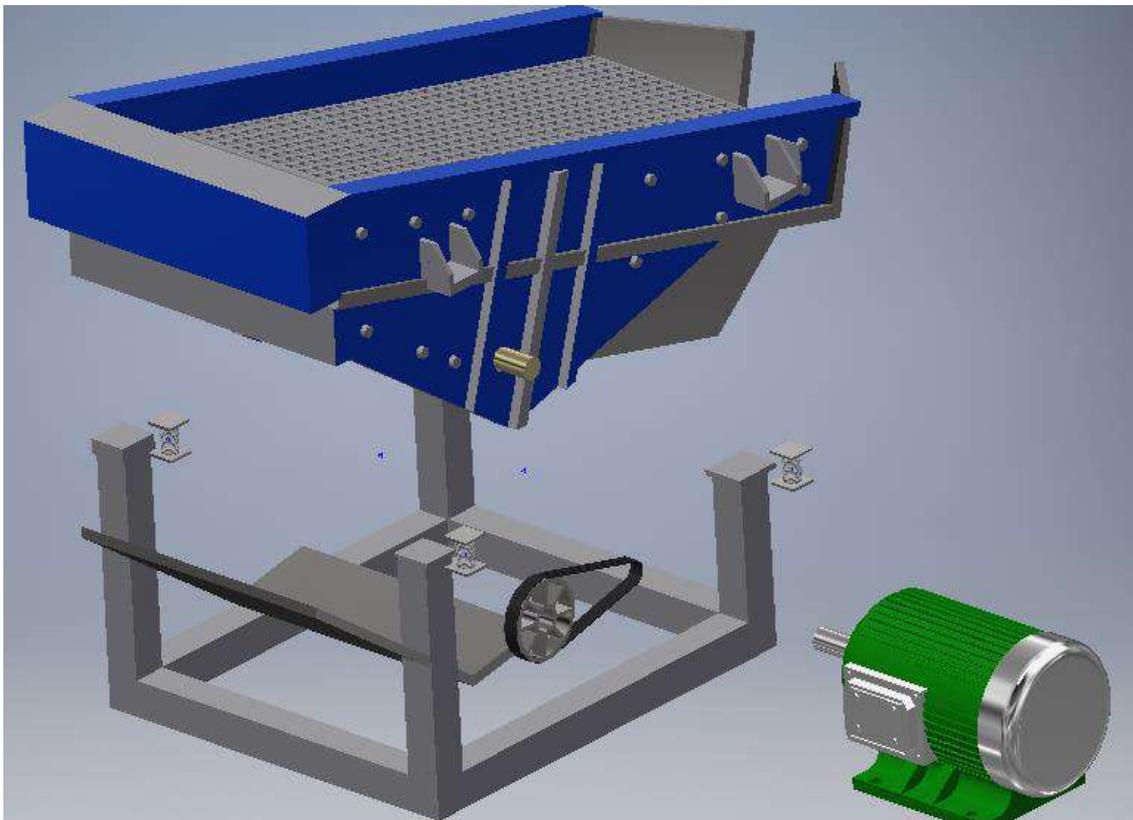
PLANO TÉCNICO



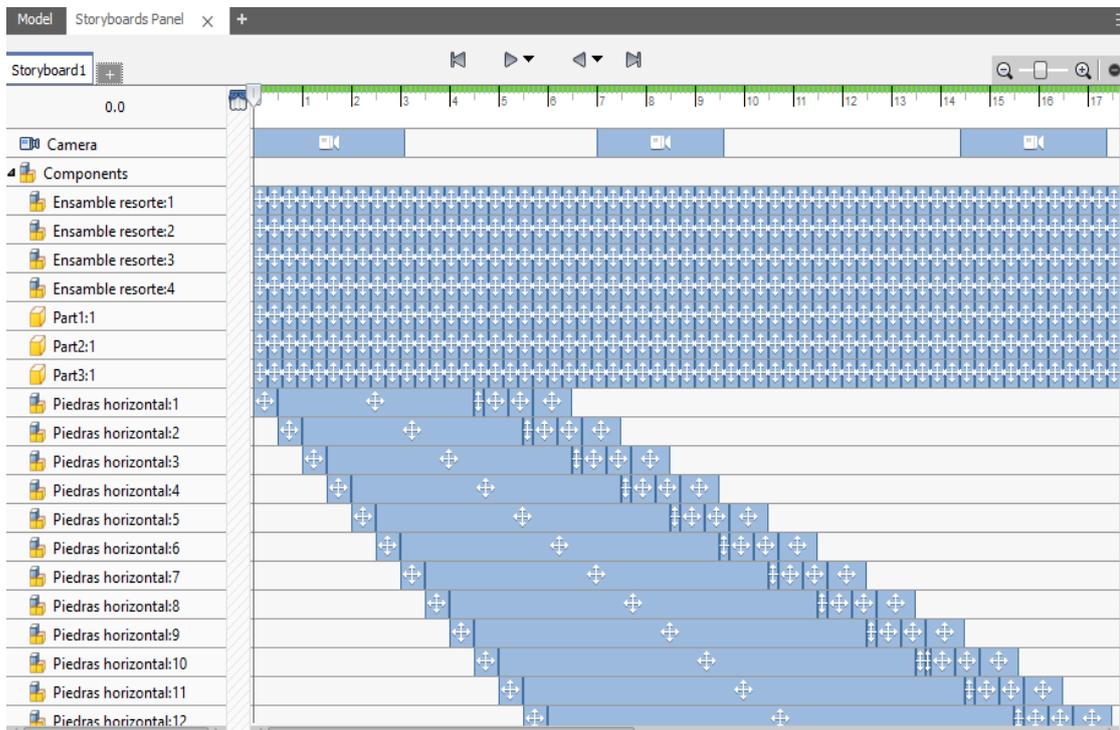
HOJA DE PROGRAMACIÓN DESPIECE



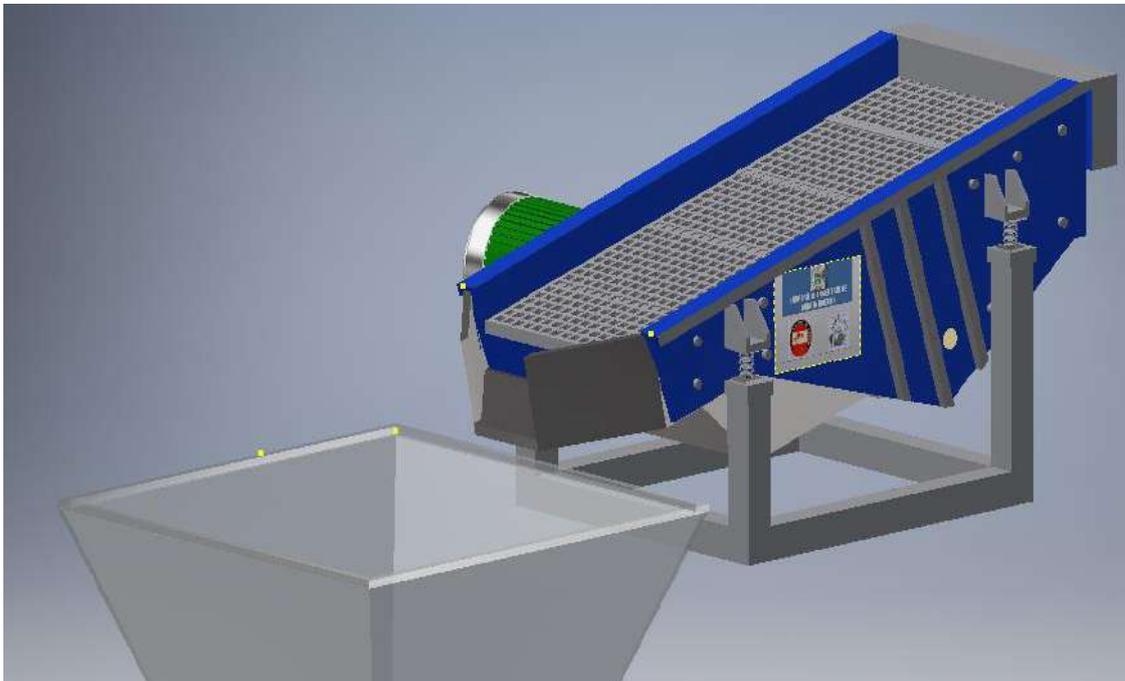
DESPIECE CRIBA VIBRATORIA



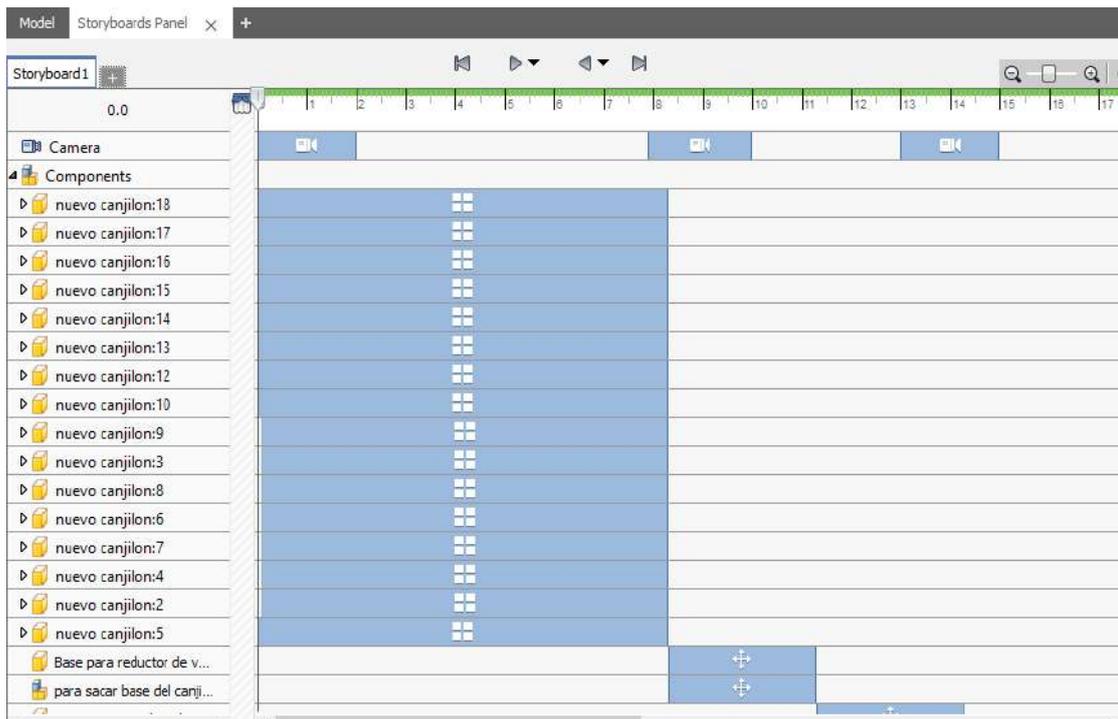
HOJA DE PROGRAMACIÓN FUNCIONAMIENTO



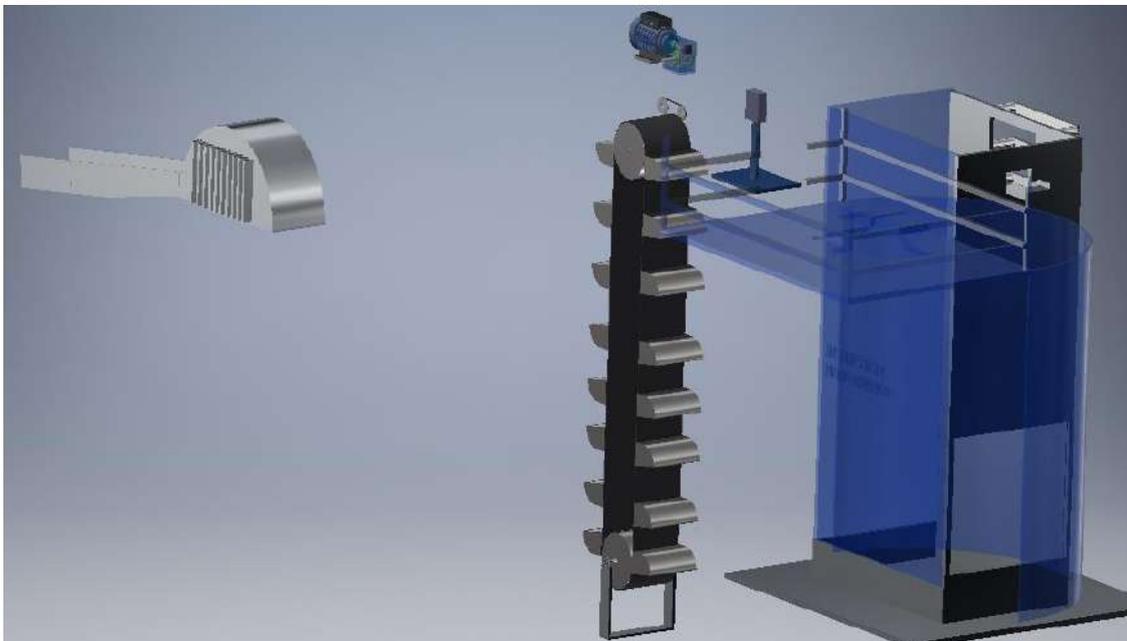
FUNCIONAMIENTO CRIBA VIBRATORIA



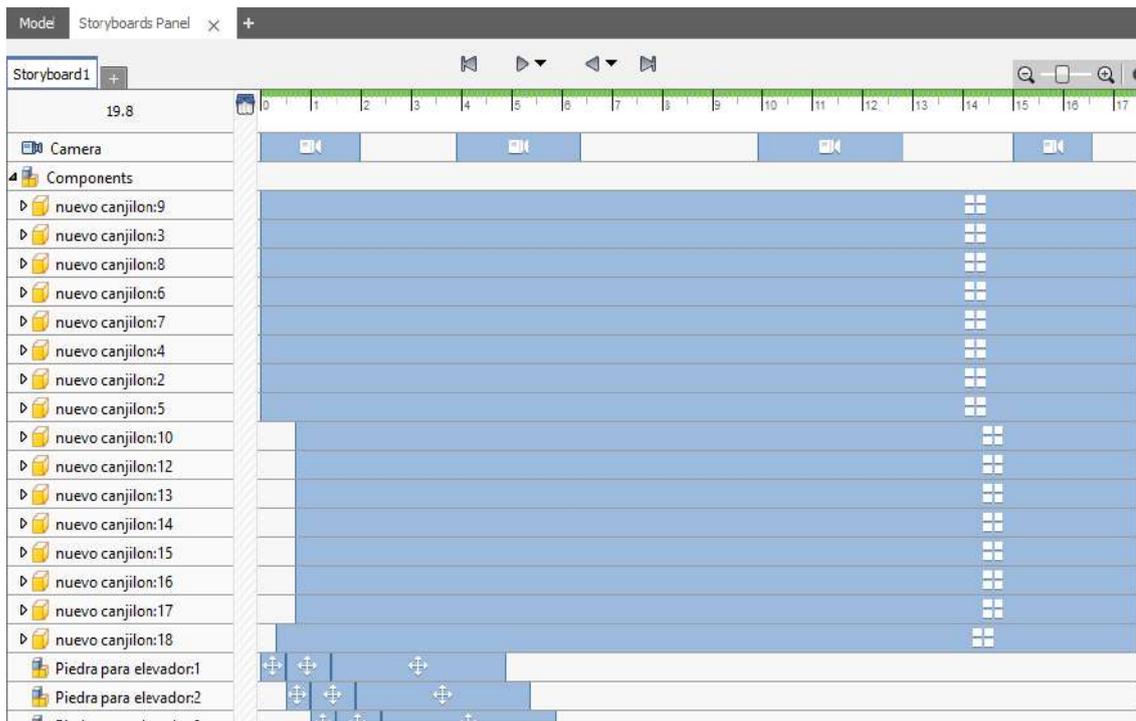
HOJA DE PROGRAMACIÓN DESPIECE



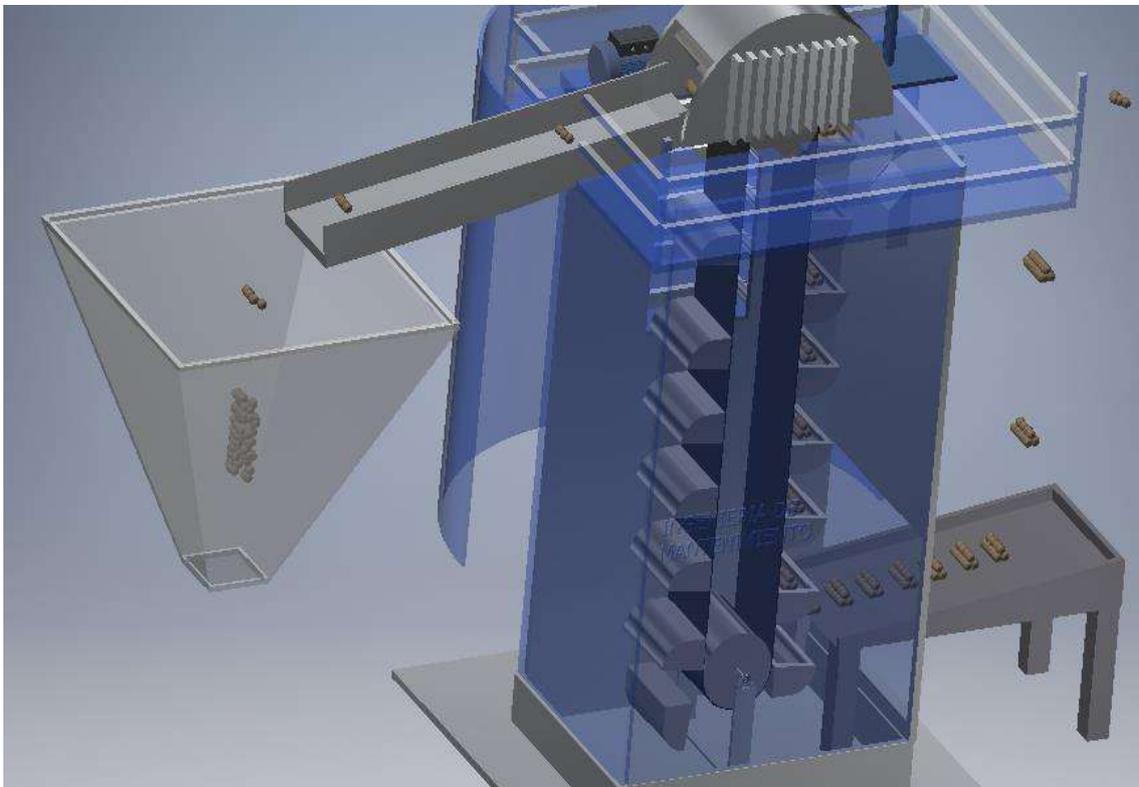
DESPIECE ELEVADOR DE CANGILONES



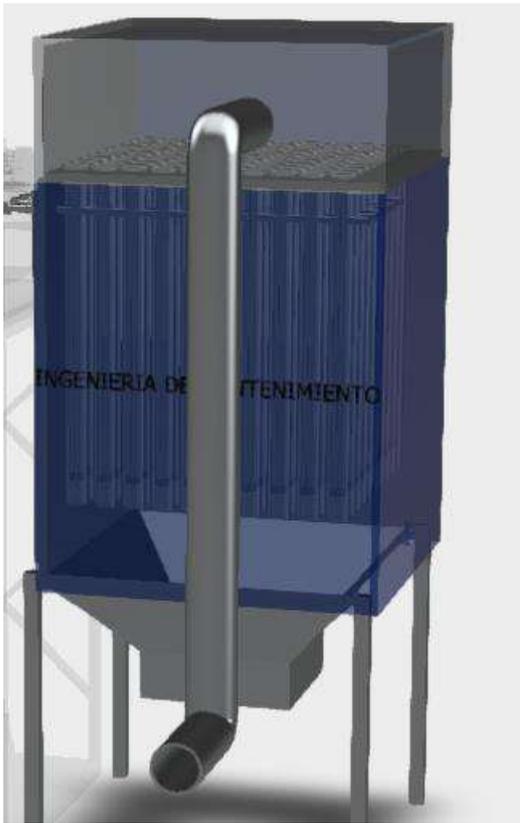
HOJA DE PROGRAMACIÓN FUNCIONAMIENTO



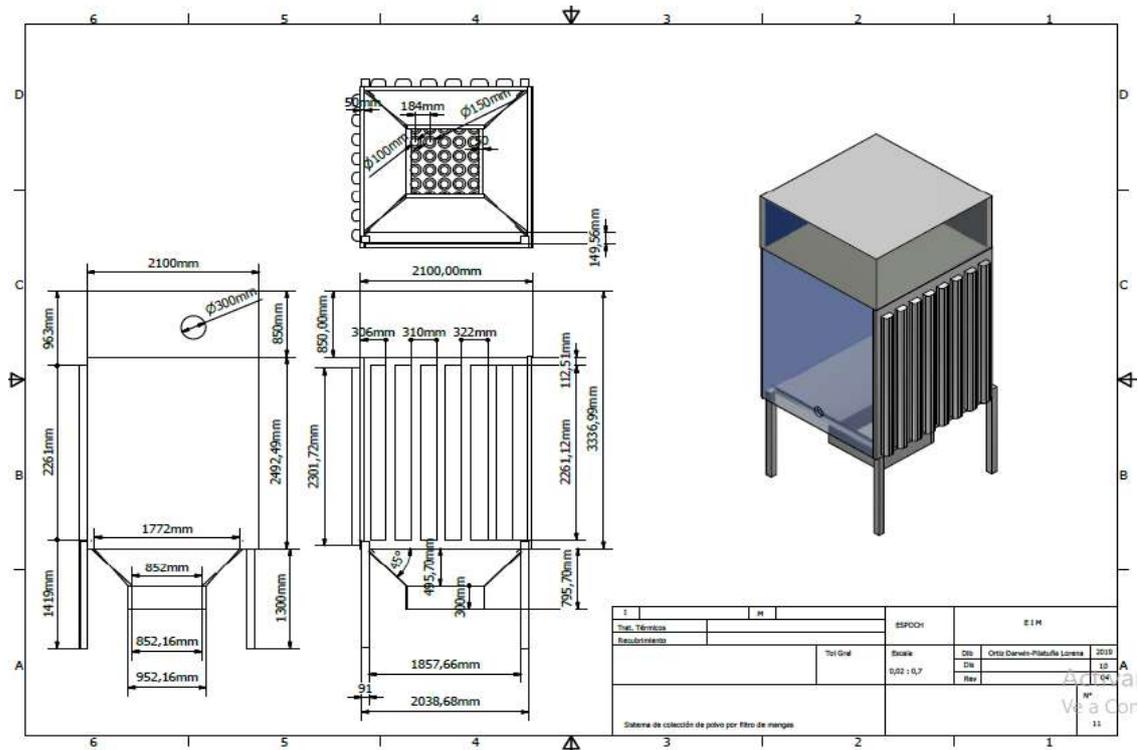
FUNCIONAMIENTO ELEVADOR DE CANGILONES



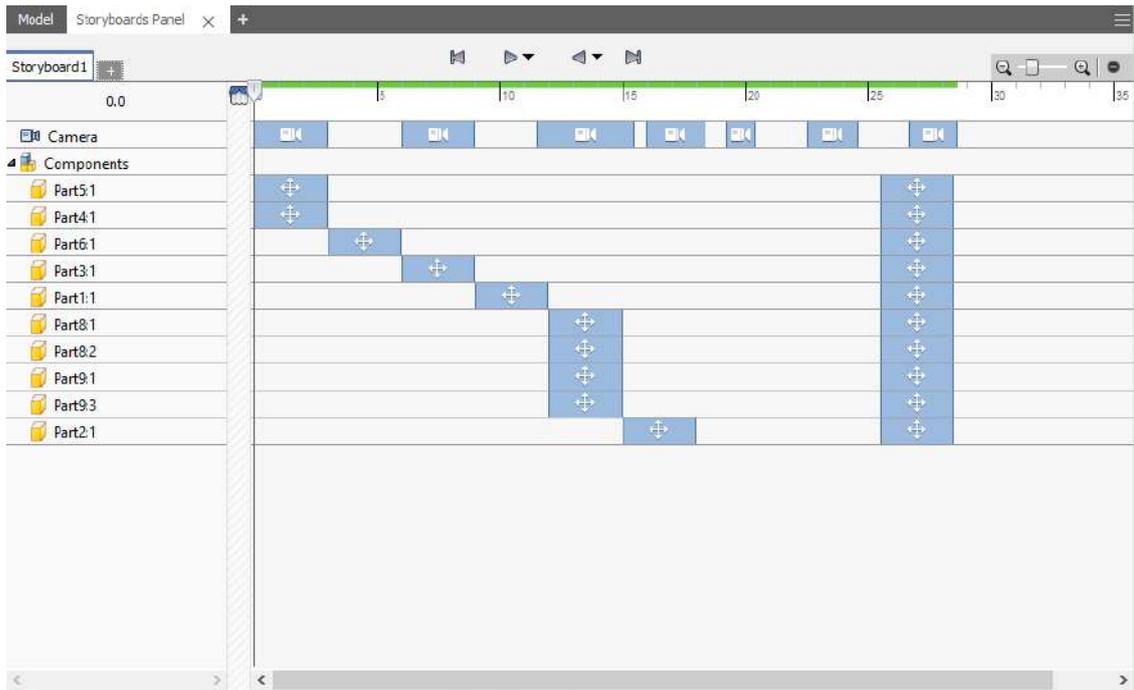
SISTEMA DE COLECCIÓN DE POLVO POR FILTRO DE MANGAS



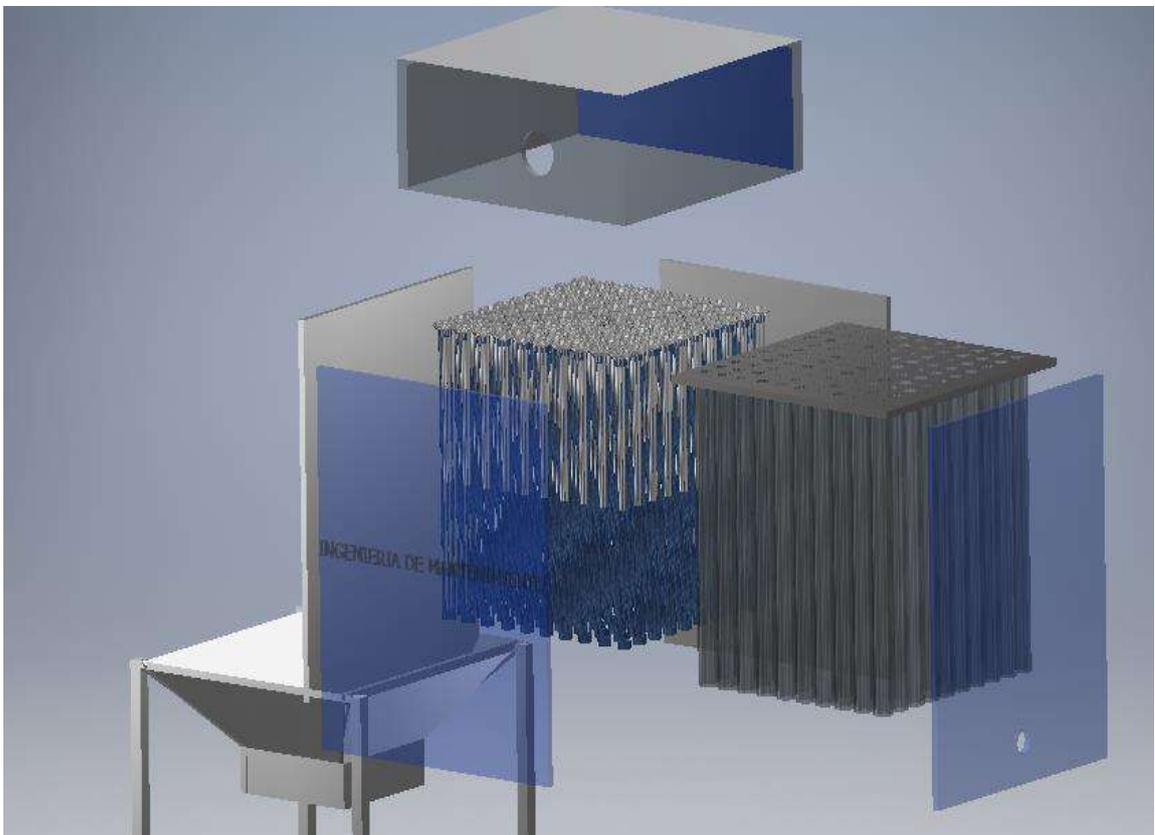
PLANO TÉCNICO



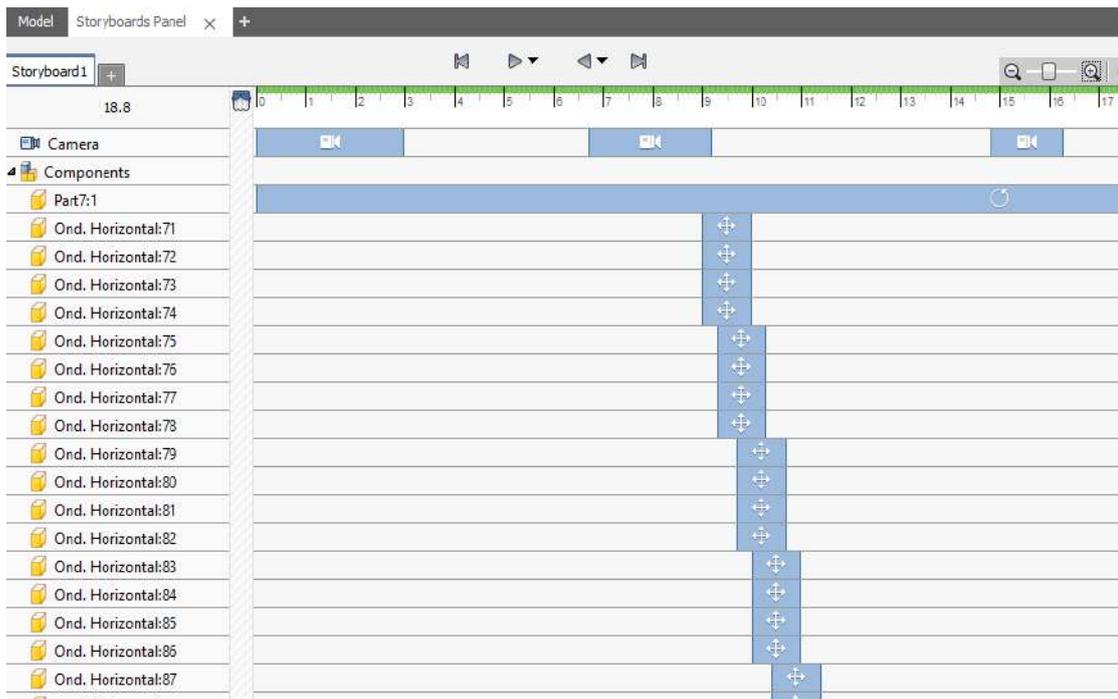
HOJA DE PROGRAMACIÓN DESPIECE



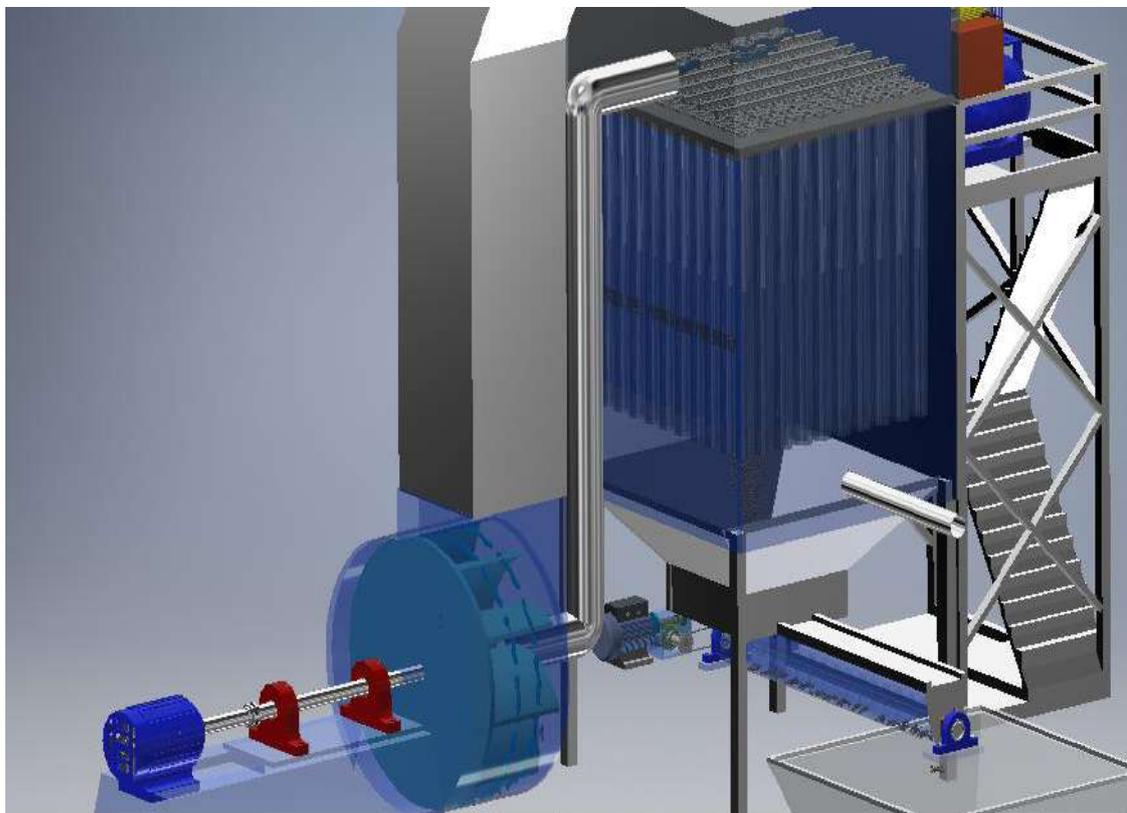
DESPIECE FILTRO DE MANGAS



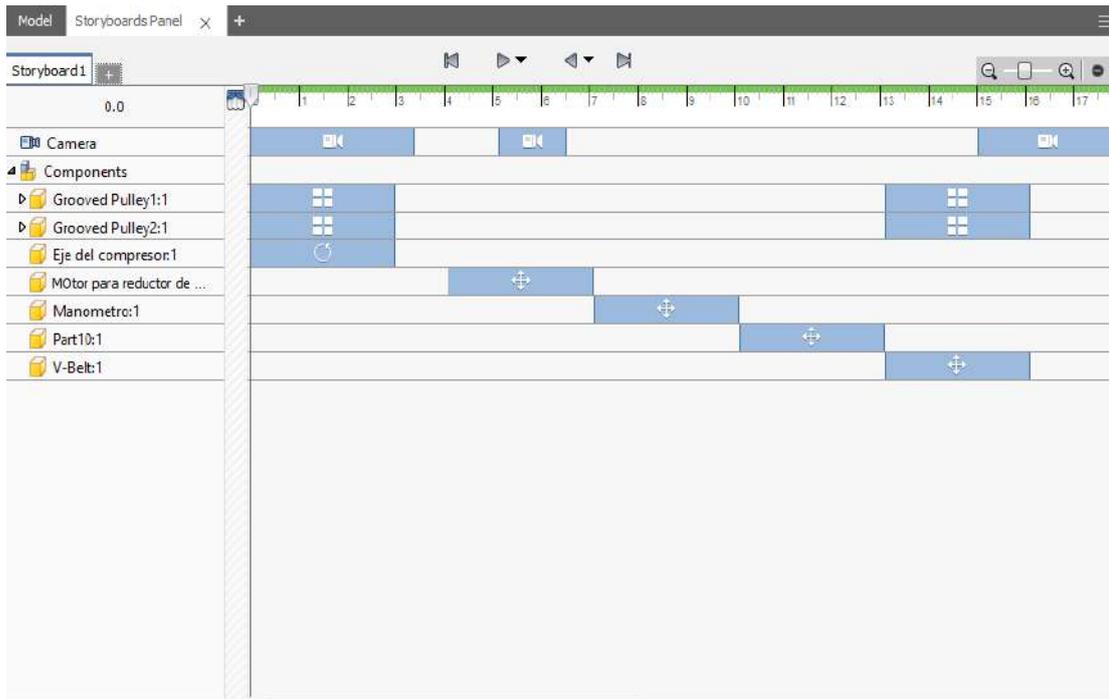
HOJA DE PROGRAMACIÓN FUNCIONAMIENTO



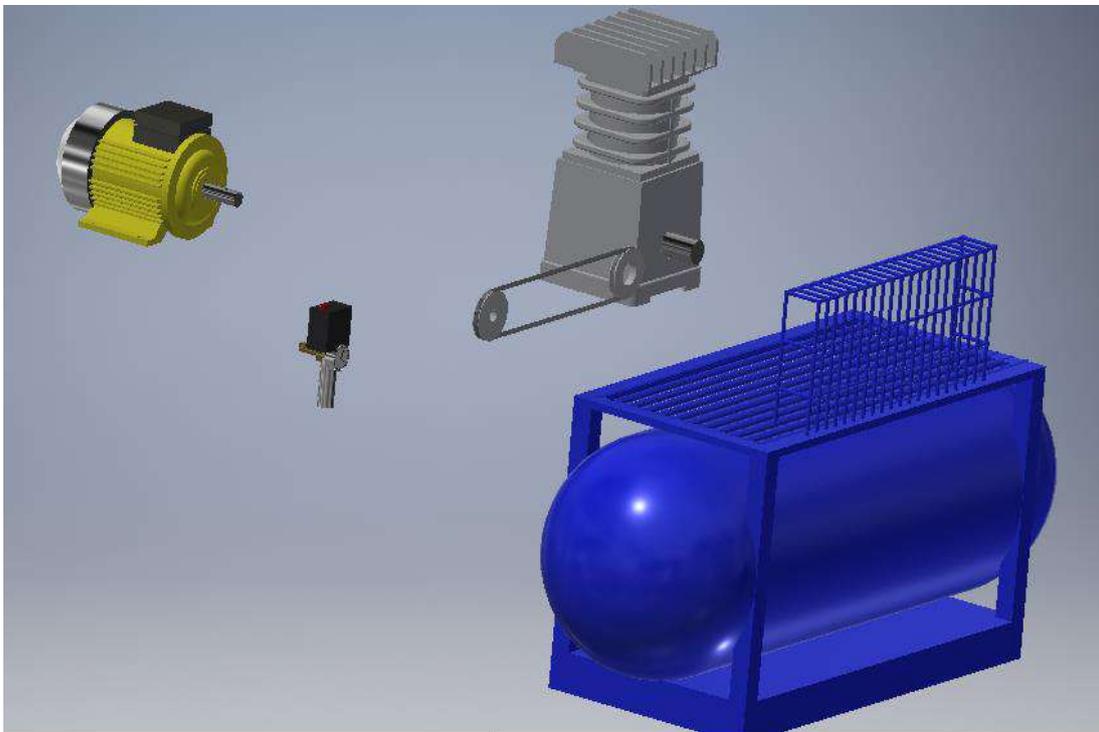
FUNCIONAMIENTO FILTRO DE MANGAS



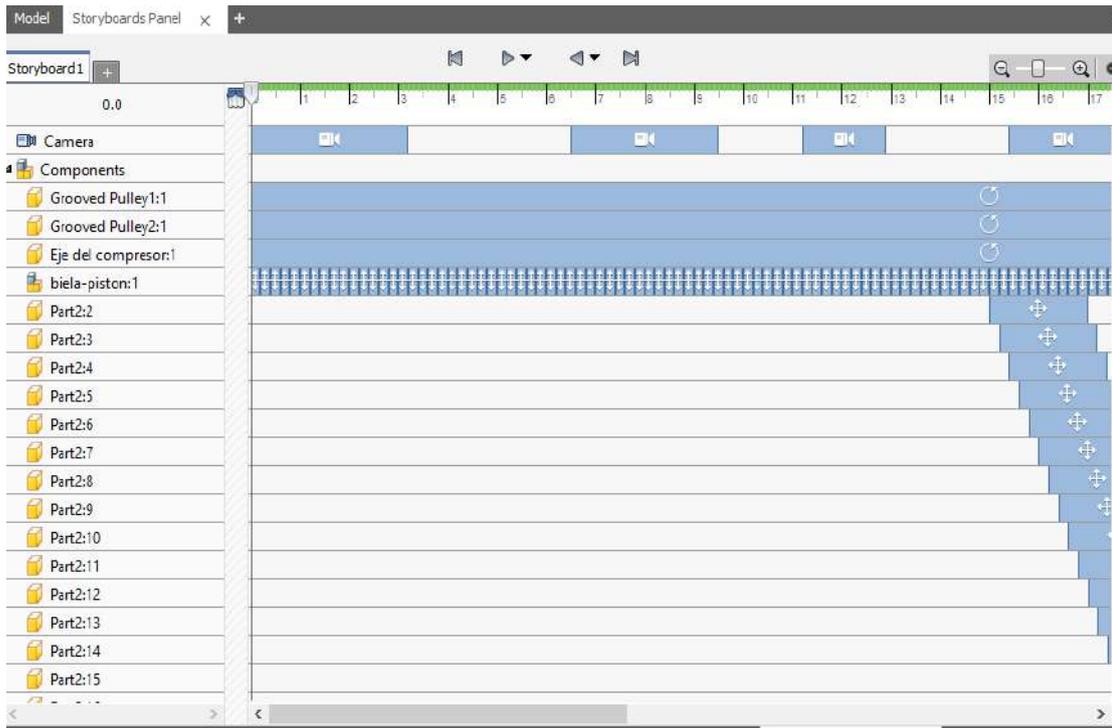
HOJA DE PROGRAMACIÓN DESPIECE



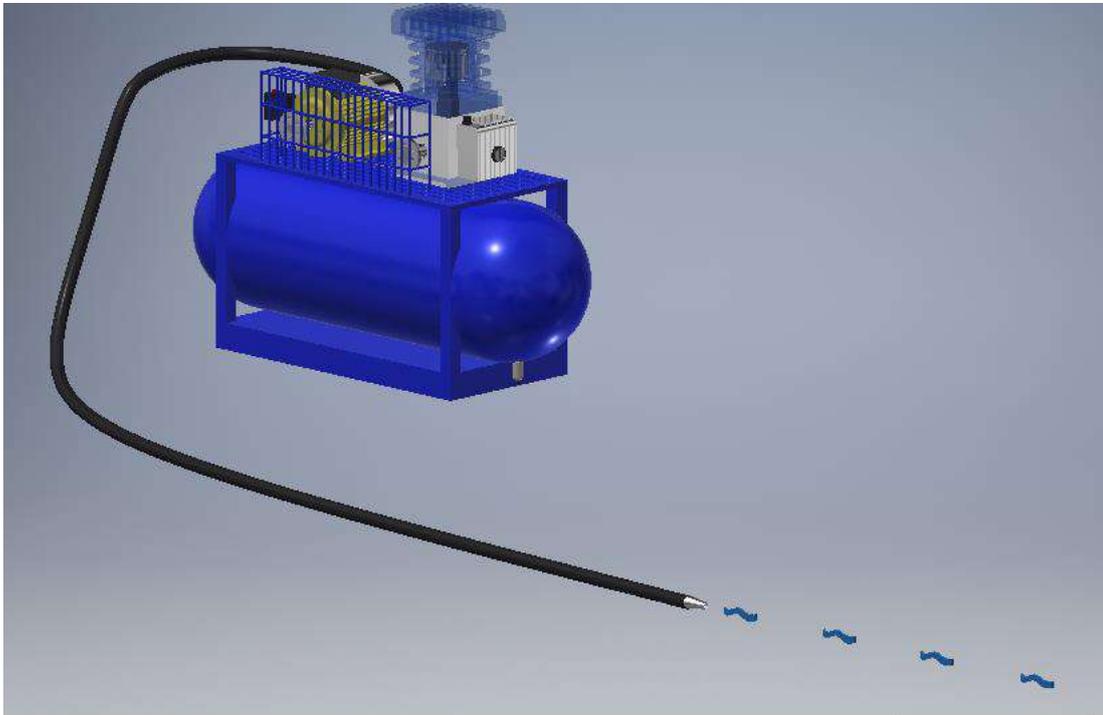
DESPIECE DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN



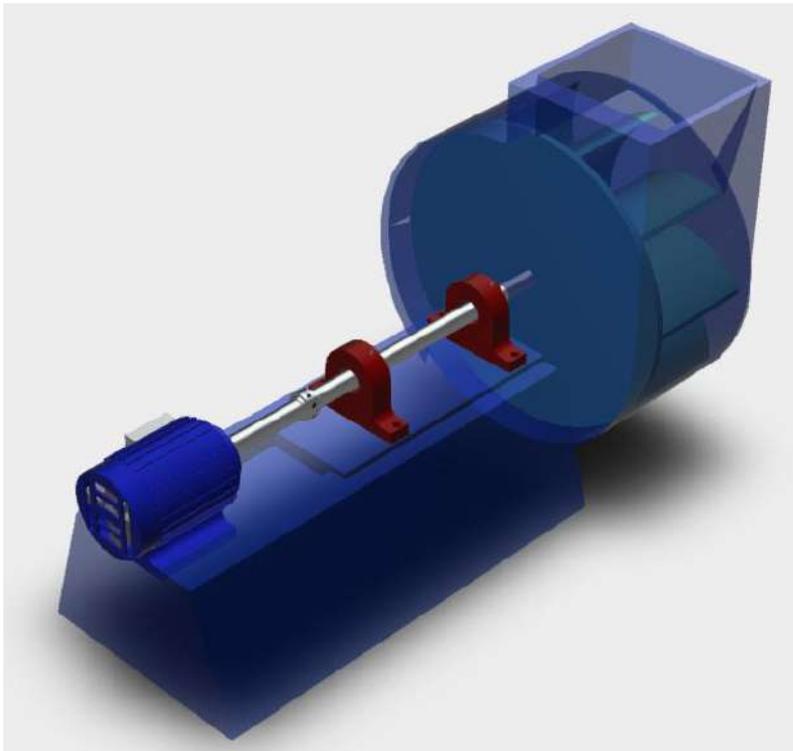
HOJA DE PROGRAMACIÓN FUNCIONAMIENTO



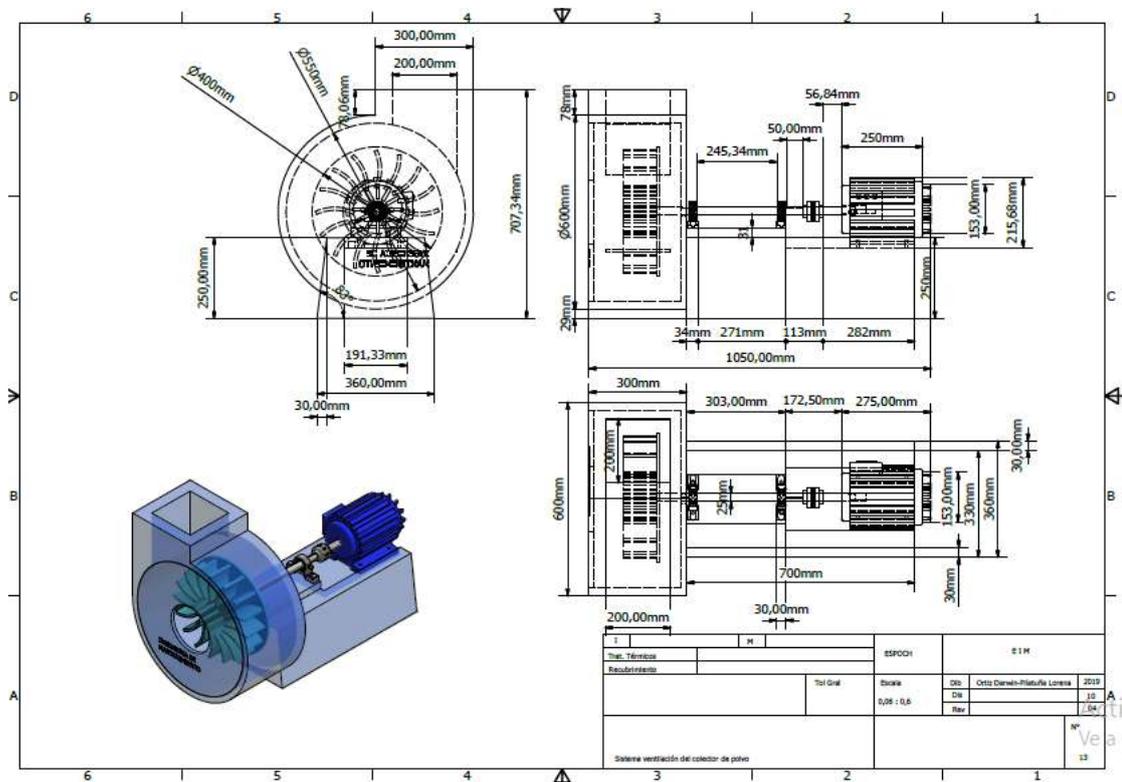
FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMPRESOR DE AIRE



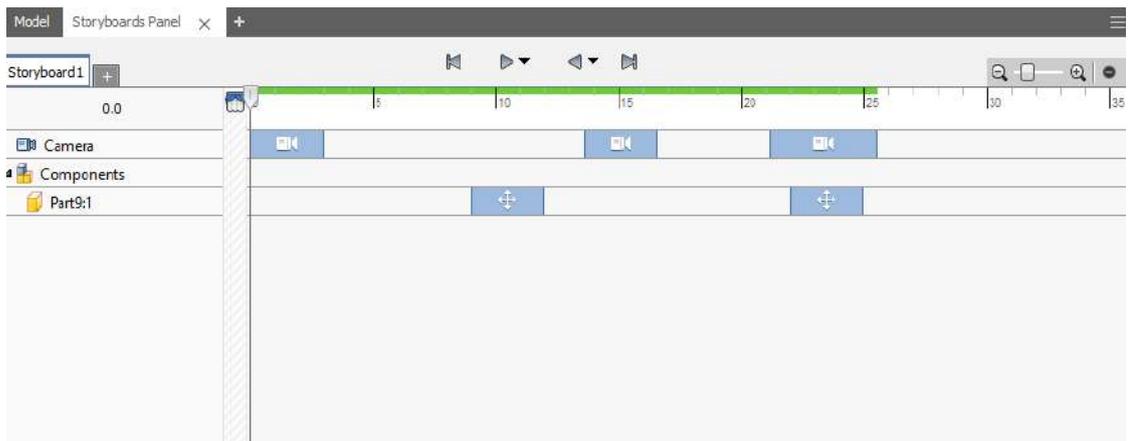
SISTEMA DE VENTILACIÓN DEL COLECTOR DE POLVO



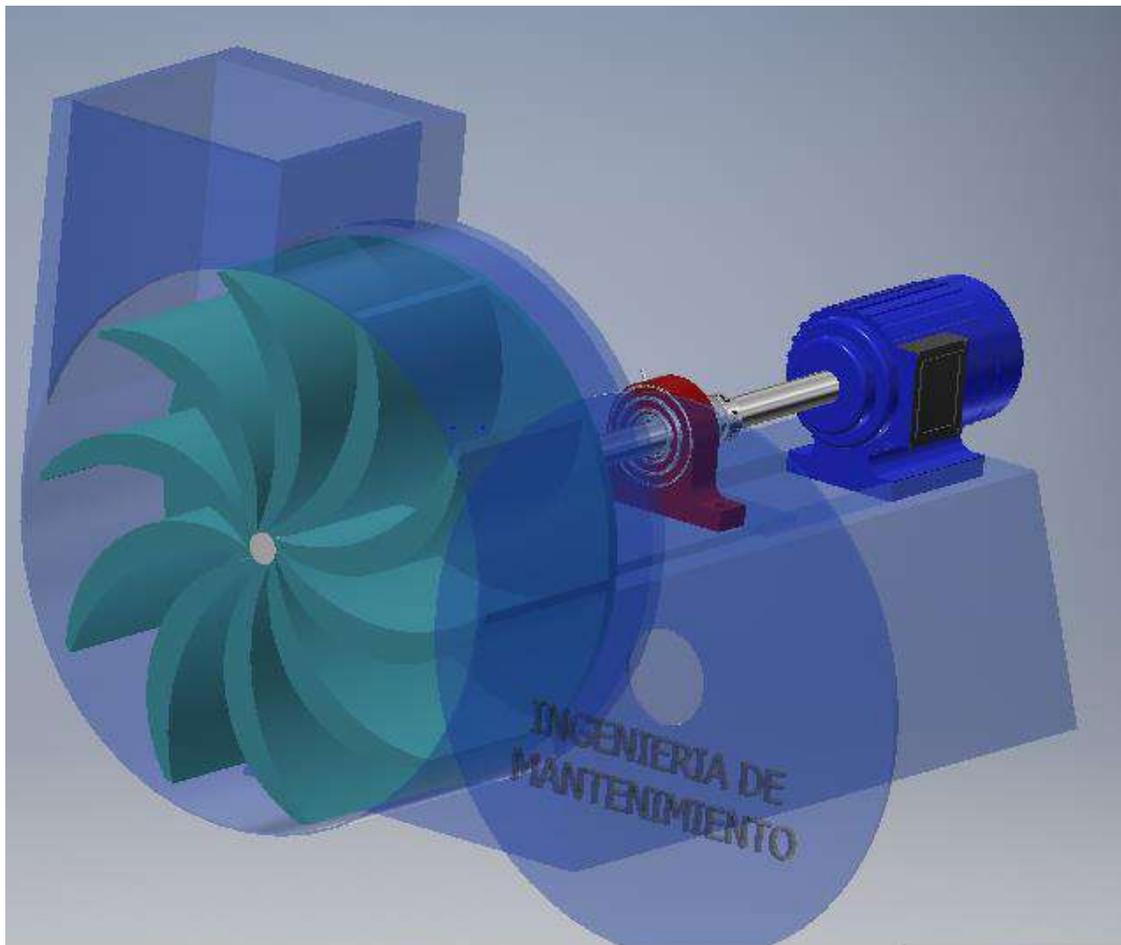
PLANO TÉCNICO



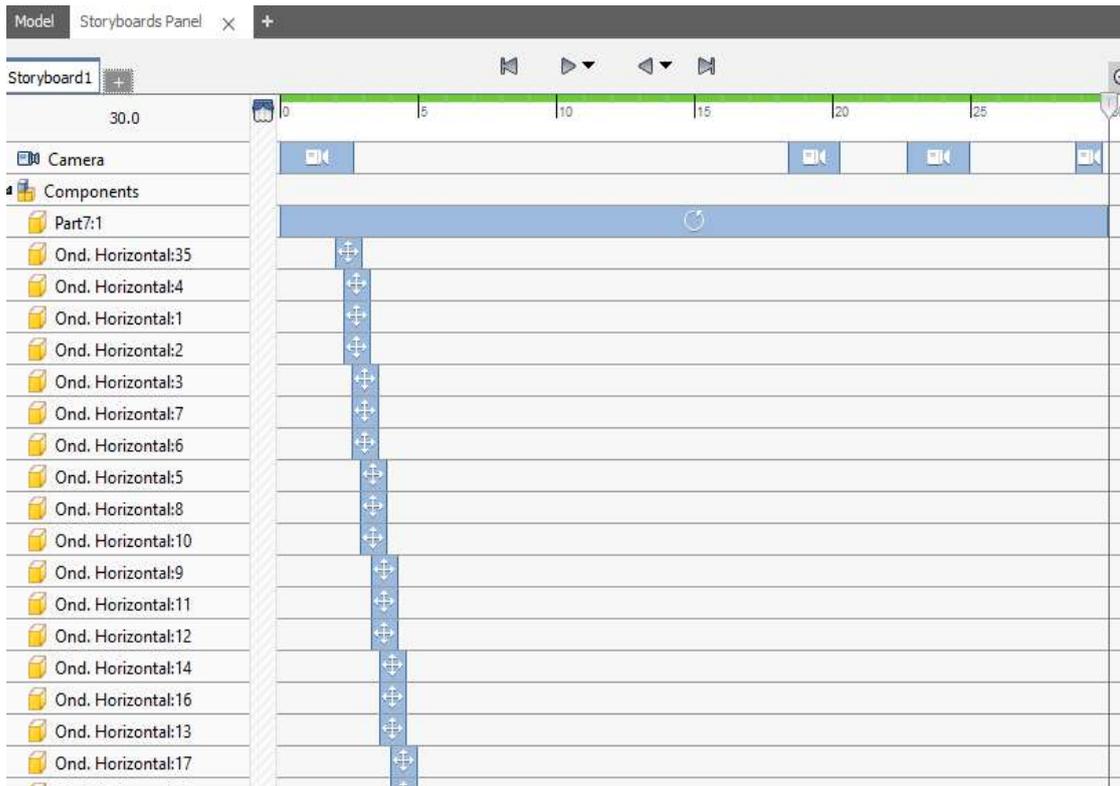
HOJA DE PROGRAMACIÓN DESPIECE



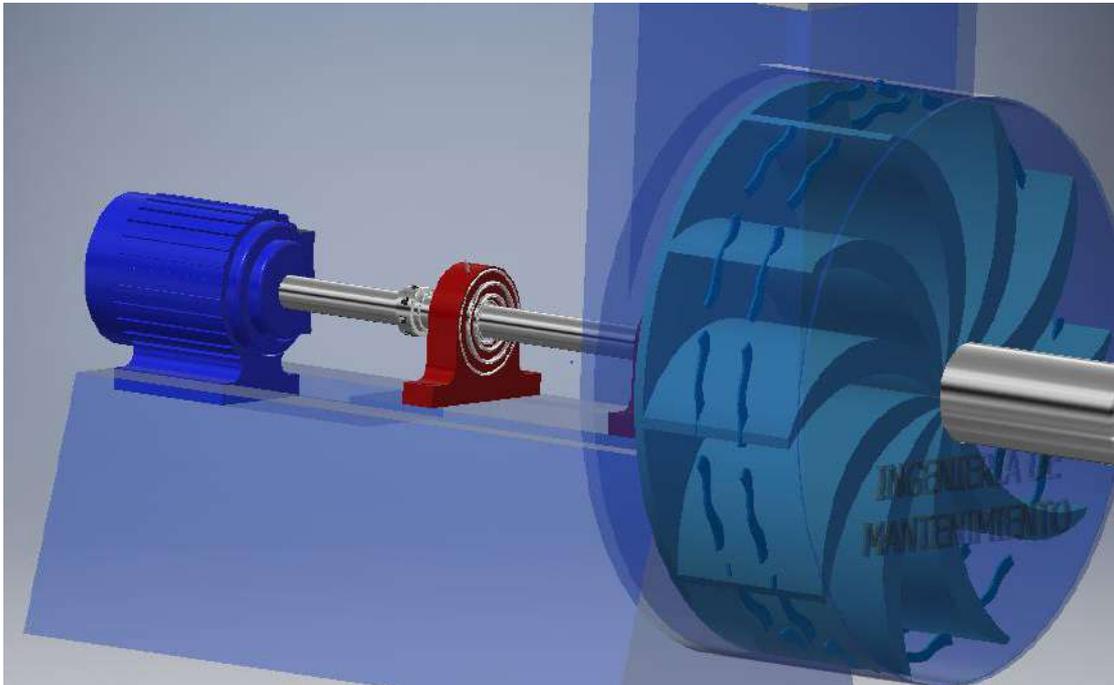
DESPIECE DEL VENTILADOR INDUSTRIAL



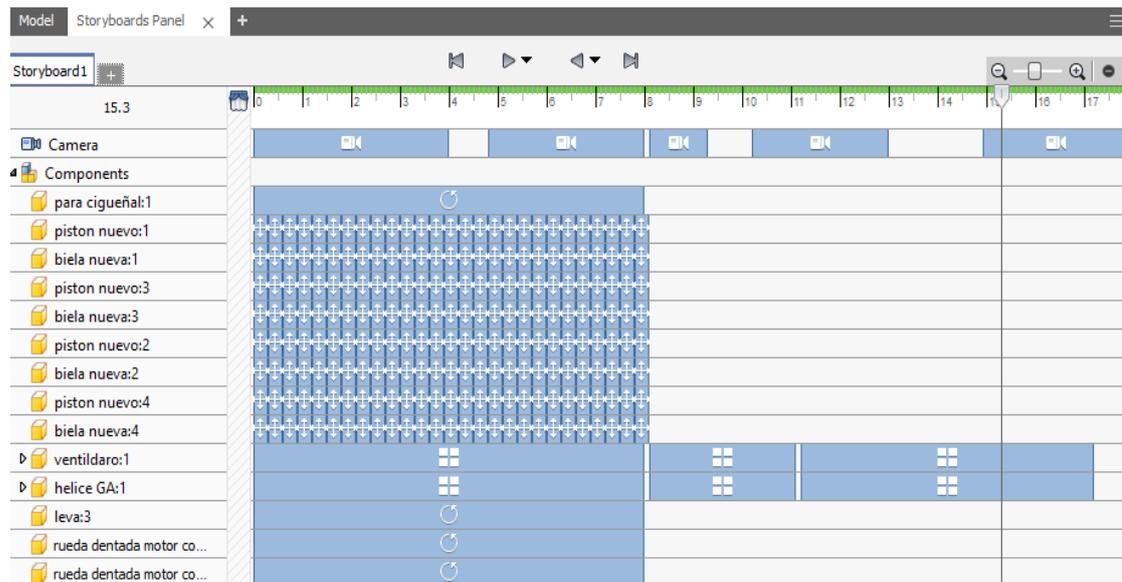
HOJA DE PROGRAMACIÓN FUNCIONAMIENTO



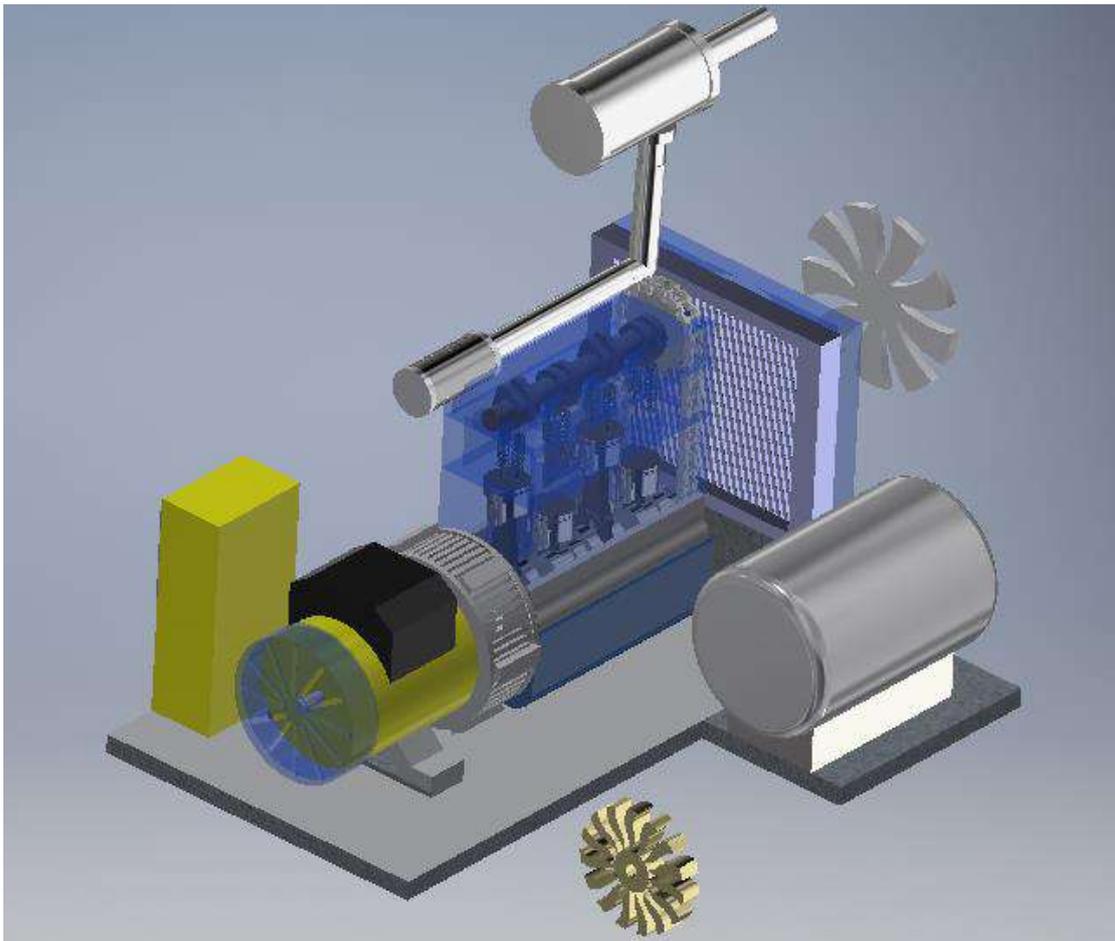
FUNCIONAMIENTO DEL VENTILADOR INDUSTRIAL



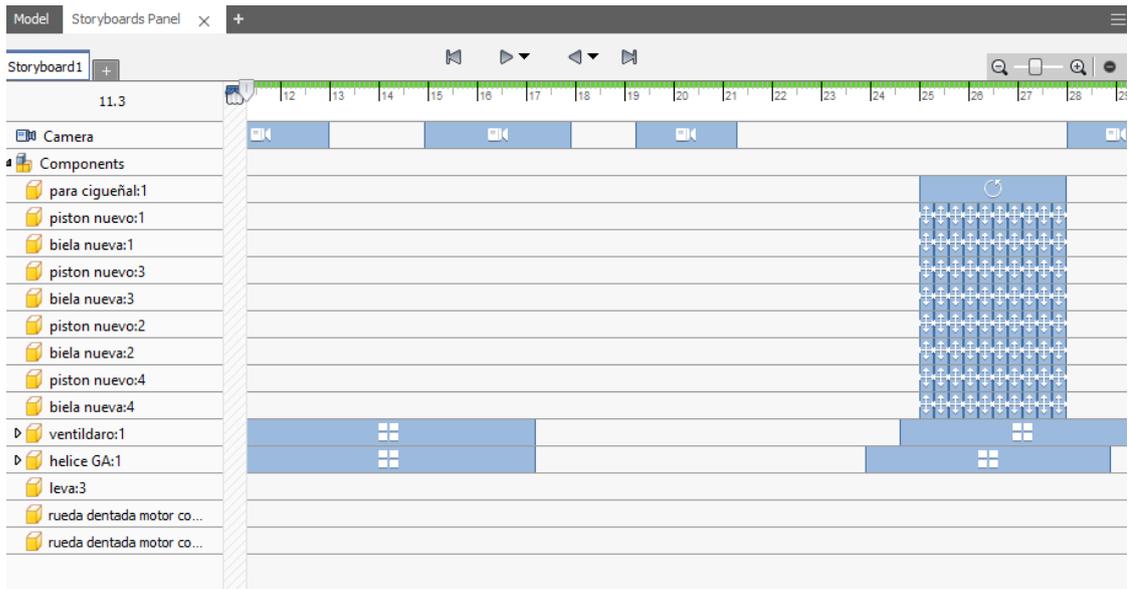
HOJA DE PROGRAMACIÓN DESPIECE



DESPIECE GENERADOR ELÉCTRICO



HOJA DE PROGRAMACIÓN FUNCIONAMIENTO



FUNCIONAMIENTO GENERADOR ELÉCTRICO

