



Instalación para llenar macetas con sustrato para viveros de alta producción de plantas cítricas

Pablo Ignacio Panero

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2022

Instalación para llenar macetas con sustrato para viveros de alta producción de plantas cítricas

Pablo Ignacio Panero

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para
optar al título de:

Ingeniero Mecánico

Director/a:

Ing. Juan Sismondi – Ing. Pedro Sismondi - Ing. Guillermo Rodriguez

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2022

Frase

«El bienestar del mundo depende en gran medida del trabajo del ingeniero. Hay un gran futuro y un alcance ilimitado para la profesión; en todos los países se necesitan y se necesitarán nuevas obras de todo tipo, y para un joven con imaginación y agudeza no puedo concebir una profesión más atractiva. La imaginación es necesaria tanto como los conocimientos científicos».

Sir William Halcrow.

Agradecimientos

Empiezo por agradecer a mi familia que desde mi infancia me guiaron y brindaron todo su apoyo para que pueda tener la posibilidad de elegir y lograr todo lo que me proponga en la vida, sin ellos sin dudas este logro hubiera sido imposible. Agradezco también a mis amigos y compañeros de la facultad que me acompañaron a lo largo de este camino e hicieron de esta etapa una experiencia muy gratificante.

Agradezco también a todos los profesores y profesoras de nuestra universidad que con su vocación y pasión por enseñar nos ayudan a formarnos como profesionales.

Finalmente agradecer a nuestro país y todos los que formamos parte, por la posibilidad de poder elegir y estudiar en una universidad pública, gratuita y de calidad.

Resumen

Este proyecto se basa en encontrar la solución a una problemática que se tiene en una parte del proceso de producción de plantas cítricas en invernaderos de alta producción.

En lo particular se adopto y tomo como referencia un vivero ubicado en la provincia de Tucumán el cual tiene una producción anual de 600.000 plantas de distintos tipos de cítricos, principalmente naranjas y limones.

La etapa del proceso en cuestión consta de la formulación del sustrato (mezcla de los distintos elementos que lo componen, tierra, arena y perlome agrícola) y el llenado de macetas con el mismo. La problemática se basa en que a estos niveles de producción, se requiere mucha mano de obra siendo a su vez esta tarea muy desgastante para los operadores.

En este proyecto se desarrollará el armado de una instalación que permite realizar la formulación del sustrato, partiendo de la manipulación de los distintos componentes para formularlo y el llenado de macetas con este material.

Palabras clave: Sustrato, Maceta, Vivero, Invernadero, Plantas, Cítricos.

Abstract

This project is based on finding the solution to a problem that exists in a part of the production process of citrus plants in high production greenhouses.

In particular, a nursery located in the province of Tucumán, was adopted and taken as a reference, which has an annual production of 600,000 plants of different types of citrus, mainly oranges and lemons.

The stage of the process in question consists of the formulation of the substrate (mixture of the different elements that compose it, earth, sand and agricultural perlome) and the filling of pots with it. The problem is based on the fact that at these production levels a lot of labor is required, this task being very exhausting for the operators.

In this project, the assembly of an installation that allows the formulation of the substrate will be developed, starting from the manipulation of the different components to formulate it and the filling of pots with this material.

Contenido

Agradecimientos	IV
Resumen.....	V
Abstract	VI
Contenido	VII
Introducción	1
1.Investigación - Proceso de producción de plantas citricas	4
1.1 Etapas e instalaciones del proceso	4
1.2 Consideraciones sobre los sustratos	20
2.Abordaje de la problematica.....	37
2.1 Introduccion al proceso de llenado de macetas con sustrato	37
2.2 Problematicas del proceso y propuestas de mejora	39
3.Dimensionamiento del sistema	47
3.1 Condiciones y calculos iniciales - Dimensionamiento de capacidades.....	47
3.2 Especificación equipos Etapa 1	49
3.3.1 Diseño : Mezcladora de sustrato - M1.....	52
3.3.2 Diseño : Cinta transportadora llenado de macetas - C1	70
3.3.3 Diseño : Tornillo de transporte sistema de retorno - T1	83
3.3.4 Diseño : Cinta transportadora sistema de retorno - C2	94
3.3.5 Diseño : Sistema de llenado de macetas	105
4.Conclusiones y recomendaciones.....	112
4.1 Conclusiones y recomendaciones académicas.....	112
4.2 Conclusiones y recomendaciones técnicas.....	112
5.Bibliografía	113
4.Anexos	114
4.1 Catálogos y normas	114
4.2 Tablas	121
4.3 Planos.....	122

Introducción

Un vivero es una instalación agronómica donde se cultivan, germinan y maduran todo tipo de plantas. Los viveros cuentan con diferentes clases de infraestructura según su tamaño y características. En la actualidad muchas de las labores que se realizan a lo largo de los procesos de producción que se llevan a cabo en estas instalaciones se desarrollan de manera manual, encontrándose grandes oportunidades para mejorar la productividad y simplificar estas tareas, generando menos esfuerzos requeridos para los operadores.

En líneas generales un vivero está compuesto por un invernadero, espacio cerrado donde se cultivan plantas a una temperatura más alta que en el exterior; un embalse, para acumular agua con un fin determinado, un umbráculo lugar destinado a la siembra protegido del sol, la lluvia y el aire, un terreno de cultivo al aire libre y un laboratorio son algunas de las secciones que puede tener un vivero. En cuanto al proceso, tenemos los semilleros: se trata de un lugar que se destina a la primera etapa del crecimiento de las plantas, hasta que llegue el momento de trasplantarlas a su sitio definitivo. Consta de una capa de arena y tierra sobre la cual se siembran las semillas, ordenadas por especie y dispuestas en líneas divididas por tablas o cuerdas. Se debe preparar una base de tela o de plástico, con pequeñas perforaciones, para impedir el derrame de la arena.

Cuando las semillas germinan y alcanzan una altura promedio de 4 cm llegando al estadio de desarrollo denominado “plántula” o “almacigo”, es el momento de trasplantarlas a los lotes de crecimiento. Las plántulas se colocan en macetas con sustrato que luego son dispuestas en el invernadero, donde se controla su crecimiento durante aproximadamente un año y medio hasta llegar el momento de realizar el transplante definitivo en campo.

En el caso de los viveros de cítricos a analizar, las distintas variedades de plantas se obtienen utilizando la técnica de injertación. La injertación consiste en la unión íntima que se produce entre dos partes vegetales de forma tal que se origina la soldadura entre ambas, las que permanecen unidas y continúan su vida de esta manera, dependiendo una de otra. Producto de la unión se forma un sólo individuo en el que se distinguen una parte situada por debajo del punto del injerto, llamada portainjerto, patrón o pie, la cual aporta el sistema radicular y una parte superior, llamada injerto o púa destinada a formar la copa.

En estos viveros la etapa de crecimiento de las plantas portainjertos comienza en los semilleros, donde un vez que la semilla germina se trasplantan a las macetas con tierra donde continuara su crecimiento.

Este proceso estándar se realiza en un vivero ubicado a 15 km de la ciudad de Tucumán. En el 2019 tuve la oportunidad de visitar y conocer las instalaciones de este vivero. Por esos días se dialogo sobre las distintas problemáticas que tienen en el proceso de producción, donde comentaron la necesidad de mejorar el proceso de llenado de macetas con tierra. En su momento en esta empresa esta tarea,(que comienza con la

preparación del sustrato, compuesto por una mezcla de tierra, perlome, arena y en algunos casos fibra de coco y culmina con el transporte de la maceta llena con el sustrato hacia el invernadero donde se implanta el almacigo), era realizada de forma manual por 6 empleados los cuales debían formular el sustrato y llenar por día alrededor de 4000 macetas, siendo esto muy desgastante.



Fig 1-1: invernadero de vivero citrus

El objetivo principal será poder crear una instalación que permita disminuir la cantidad de mano de obra requerida para este proceso y disminuya los esfuerzos requeridos por los operadores para realizar esta tarea. A su vez, como objetivos secundarios se procurará mejorar la trazabilidad del proceso dosificando con mayor precisión los distintos materiales para formular el sustrato, aprovechar mas los materiales disminuyendo perdidas. La instalación deberá tener dimensiones acotadas como para adaptarse en un galpón de 15x15mts, deberá tener la capacidad de poder llenar las 4000 macetas por días requeridas por el vivero, a su vez el tipo de maceta a utilizar deberá ser del mismo tipo que se utilizan en el proceso actual.

El alcance de la instalación dimensionará desde el punto de llegada de las materias primas, donde la tierra y la arena llegan suelta en camiones con acoplados de 5 m³ y el perlome en bolsas y terminará en el punto de salida con la maceta llena con tierra.

Variables y condiciones límites generales a considerar

Tabla introducción 1 : Variables generales

Variables generales		
Nombre de la variable		Descripción
Capacidad		Cantidad de macetas a llenar en determinado tiempo. Volumen de sustrato a manipular.
Sustrato	Composición y mezcla	La composición requerida por el vivero para formar su sustrato es: Tierra + perlome + arena. En algunos casos a esta preparación se le suma fibra de coco. El sustrato deberá contener los nutrientes necesarios para que las plantas puedan crecer de la mejor manera. Se deberá medir cada parte de los componentes de la mezcla para utilizar los recursos de manera eficiente.
	Humedad	La tierra debe estar seca a la hora de llenar la maceta, una vez llenada con tierra debe humedecerse con agua y dejarse reposar un día antes de plantar.
	Compactación	Una elevada compactación del sustrato afectará el buen crecimiento y la eficiencia.
	Manipulación	La tierra y arena llegaran en camiones volcadores. El perlome en bolsas.
Propiedades de la maceta		Formas de separarlas antes de ser llenadas con el sustrato. Volumen, dimensiones: largo, alto, ancho. Material.

Tabla introducción 2: Condiciones límite generales

Condiciones límite generales	
Nombre de la condición límite	Descripción
Capacidad de producción del invernadero	La capacidad del sistema llenador deberá ajustarse a la capacidad de producción del vivero.
Espacio donde se montará la instalación	Las dimensiones de la instalación de preparación y llenado de la tierra deberán ser lo más acotadas posible.
Tipo de maceta	El tipo de maceta a utilizar no debe diferir demasiado en las utilizadas actualmente en el vivero.

1. Investigación - Proceso de producción plantas cítricas

1.1 Etapas e instalaciones del proceso

A continuación se hará una breve descripción de las distintas etapas e instalaciones que abarcan el proceso de fabricación de las plantas de cítricos.

El establecimiento de una plantación de cítricos demanda de una serie de labores previas que son fundamentales para la supervivencia y rendimiento económico de la misma. La selección del suelo y la formación de las plantas en el vivero son dos aspectos principales para iniciar el trabajo de una plantación. La sanidad del material de propagación, la tecnología empleada, así como los cuidados desarrollados en la creación y formación de las plantas son factores fundamentales que van a influir durante toda la vida útil de la plantación.

La citricultura se ha visto en los últimos años muy amenazada por la presencia y diseminación de insectos, ácaros, microplasmas y bacterias. Los trabajos de investigación realizados en varios países recomiendan iniciar las plantaciones con material sano, libre de plagas. Estos factores han hecho necesaria la búsqueda de métodos modernos que permitan producir plantas de viveros, libre de patógenos, ya que éstos acortan la vida y productividad de las plantaciones. La producción de semilleros y plantas de cítricos en los viveros a plena exposición, donde es imposible el control de los vectores, es riesgosa. Por esta razón es fundamental que se obtenga el material de propagación sano en un ambiente protegido, que impida la entrada de insectos y ácaros vectores. Los viveros utilizados en los nuevos sistemas de producción de plantas de cítricos se basan en la realización de todas las operaciones bajo sistemas protegidos o locales cerrados conocidos como casas de cultivo protegidas, aisladores o greenhouses, entre otras denominaciones.

Sistemas protegidos

Se refieren básicamente a los aisladores con los que, como su nombre indica, se busca un aislamiento de las plantas, de las principales plagas de cítricos, particularmente de los vectores transmisores de enfermedades de origen viral y micoplasmáticas. Además, se establece una barrera contra enfermedades fungosas y bacterianas.

Para sostener el recubrimiento de los sistemas protegidos, se utilizan estructuras de acero, aluminio, madera, hormigón o la combinación de varios materiales, que le confieren seguridad a la construcción.



Fig 1-2: invernadero vivero citrus, sistema protegido

Los materiales de recubrimiento permiten el aislamiento de las plantas sin que ello impida el paso de la luz y el aire (oxígeno) necesarios para la fotosíntesis. Las paredes laterales se cubren con malla antiáfido, y el techo con la misma malla antiáfido o un material transparente que permita el paso de la luz, de forma tal que las plantas puedan realizar la fotosíntesis. Esta malla debe tener una abertura de entramado que impida la entrada de insectos, pero a su vez, posibilite una buena aireación. Como la malla antiáfido es difícil de manejar, sellar y reparar en los techos, la tendencia moderna es sustituirla por un material que ofrezca mayor seguridad, como el policarbonato, o acrílicos, vidrio, polietileno sencillo y de doble capa, u otro material transparente que aunque sea caro, ofrezca mayor seguridad. Su durabilidad puede ser mayor que utilizando malla, pero los rayos infrarrojos del sol descomponen e inhabilitan los materiales utilizados como techo, razón por la cual periódicamente deben sustituirse. Por otra parte, la utilización de estos materiales favorece el incremento de la temperatura interior con el consecuente efecto negativo en las jóvenes plantas que allí se desarrollan.

Aspectos que han de tenerse en cuenta para el buen funcionamiento de los aisladores. Los viveros protegidos tienen condiciones de humedad y temperatura que favorecen el desarrollo de hongos. Se plantea que a través de los aisladores puede entrar hasta 85 % del flujo de aire exterior, si se toman en cuenta el ángulo de incidencia y las propiedades del material de recubrimiento. Aunque la temperatura dentro del aislador está fundamentalmente condicionada por la temperatura exterior, existen factores como el tipo y características de la construcción, la velocidad del viento, y la orientación del aislador entre otros, que influyen significativamente sobre la atmósfera del recinto interior.

Existe un intercambio importante entre el aire del exterior del aislador y el de su interior. Por otra parte, es necesario conocer que, producto de la incidencia de las radiaciones solares, pasa por conducción una cantidad de calor hacia el interior del aislador y que, si bien es cierto que una parte de esta energía se libera en el transcurso de la noche, otra parte se almacena en el terreno. Si esta temperatura almacenada alcanza valores superiores a los 50 °C, se perjudican las plantas debido a que la fotosíntesis disminuye y las pérdidas por respiración aumentan.

Por tanto, para evitar que las sustancias orgánicas sean destruidas por causa de la respiración, es necesario que la temperatura no sea demasiado alta con relación a la irradiación global. Hay que notar que si el material de recubrimiento deja pasar fácilmente las radiaciones emitidas por la superficie del terreno del aislador y por las propias plantas, y si el cielo está despejado, por la noche puede haber una inversión de la temperatura, es decir, una temperatura en el interior del aislador inferior a la del exterior.

Teniendo en cuenta las condiciones climáticas del lugar donde se proyecte establecer el aislador, al diseñar estas estructuras se deben considerar la circulación y renovación del aire interior y las temperaturas que se pueden alcanzar en el interior de la instalación durante el verano.

Se han reportado daños en las plantas cuando la temperatura alcanza 37,8 °C (100 °F), además, estas temperaturas hacen insostenibles las labores dentro del aislador. En algunos casos este problema, se ha podido atenuar de dos formas: mediante enfriamiento mecánico con la ayuda de ventiladores y extractores de aire o mediante la ventilación pasiva por medio de la entrada de aire por los ventiletes o ventana cenital.



Fig 1-3: invernadero sistema protegido

La altura de estas estructuras influye también en la aireación. Mientras más altura tenga la instalación, más fresca será. Se recomiendan 6 m de altura. Se ha comprobado que alturas menores de 5 metros impiden la subida del aire caliente por encima de las plantas aviveradas, trayendo consigo daños a veces irreversibles.

La orientación de estas estructuras constituye una forma fácil de mejorar la temperatura, la iluminación y la circulación del aire en el interior del recinto. Debe ser escogida de manera que, permita la mayor captación de energía solar en el período invernal y presente la mínima superficie expuesta a los vientos desfavorables.

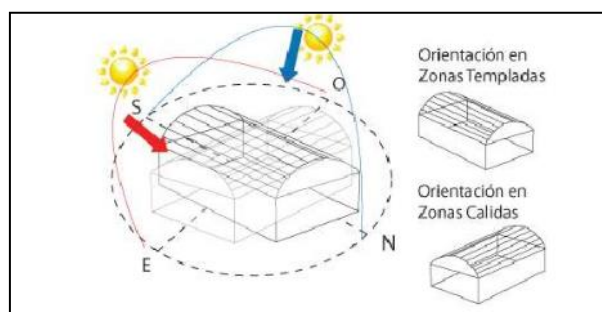


Fig 1-4: Orientación sistemas protegidos

También el diseño de estos aisladores incide en esas variables. Los aisladores con techo en forma de capilla permiten una mejor caída del agua, mientras que en semicírculo brindan, además, una mejor iluminación. Los de ventana cenital facilitan la entrada del aire fresco.



Fig 1-5: sistema protegido tipo capilla



Fig 1-6: sistema protegido tipo circular



Fig 1-7: sistema protegido tipo Centinal

Dependiendo de los volúmenes de plantas que han de producirse es recomendable contar con otra nave más pequeña, para la etapa de semillero, donde se pondrán a germinar las semillas y se desarrollarán las plántulas que abastecerán a varias naves del vivero comercial. Se puede complementar el sistema con otra instalación cerrada para la

producción de las yemas certificadas, a partir del material saneado por microinjerto, que se convertirá en el vivero multiplicador de yemas certificadas.

Estructura interior

La producción de plantas de cítricos requiere de una nave completamente aislada, la construcción de bancos o soportes en el interior del aislador, para colocar las plántulas y el piso. Los soportes deben colocarse a una altura de 30 a 40 cm del suelo buscando el fácil manejo para las labores agrotécnicas y alejamiento del piso que impida contaminaciones en los injertos y de la planta en general. Estos soportes pueden ser de diferentes materiales, de concreto, metal u otro, que se puedan limpiar fácilmente para estar libre de patógenos y que resistan la carga de las plantas de vivero que se coloquen



Fig 1.8: Bancos metálicos y de ladrillos

SEMILLAS DE CÍTRICOS

Las semillas de cítricos están constituidas por tres partes fundamentales con funciones específicas, estas son:

1. El embrión o embriones, ya que pueden existir varios en una semilla. Cada uno de ellos está compuesto por hipocotilo, plúmula y radícula, los dos últimos constituyen los rudimentos del tallo y la raíz.
2. Los cotiledones, que son los órganos de reserva, utilizados por la semilla durante la intensa fase de diferenciación celular que constituye la germinación.
3. Las cubiertas seminales, compuestas por la testa que es la externa y el tegmen que es la interna, que constituyen las defensas ante los factores externos que pueden atacar la semilla.

En las plantas superiores la semilla es el resultado de la fecundación del óvulo y da origen a una planta con el código genético de los progenitores. Como una excepción las semillas de algunos géneros de la familia Rutáceas conjuntamente con el embrión cigótico producen varios embriones sin fecundación sexual, lo que se conoce como apomixis o poliembrionía. Las plántulas que nacen a partir de los embriones

desarrollados sin intervención sexual, producto de la diferenciación de las células de la nucela, son idénticas a la planta madre, y constituyen verdaderos clones.

En el trabajo práctico de los semilleros se utiliza esta característica para seleccionar las plantas nucelares de crecimiento y desarrollo uniforme para la siembra de los futuros patrones y descartando las que fenotípicamente son diferentes, las que se conocen como variantes e híbridos. Es de destacar que entre 75 y 100 % de los embriones que germinan son de origen nucelar, factor que depende de la variedad.

La semilla es un organismo vivo, por lo tanto en su manejo deben tomarse todas las precauciones para mantener esta vida latente y con posibilidades de desarrollarse. El número de semillas por fruto no es igual en los diferentes patrones o portainjertos. En la Tabla se muestra la cantidad de semillas por fruto en distintos patrones cítricos.

Tabla 1-1: número de semillas por frutos en distintos patrones

Patrón	Peso del fruto (g)	Número de semillas por fruto	Semillas por kg	kg de semillas /t fruta
Citrango Carrizo	100	13	3 700	35
Citrango Troyer	100	13	3 700	35
Citrumelo Swingle	120	13	6 000	17
Mandarina Cleopatra	50	17	9 100	13
Naranja agrio	230	35	5 700	27
C. volkameriana	180	15	11 000	8
C. macrophylla	450	45	7 500	10
P. trifoliata	80	25	4 000	70

Extracción, desinfección, embalaje y conservación de las semillas

Las semillas de cítricos se deben obtener de plantaciones específicamente preparadas para este fin, las que se denominan bancos o campos productores de semillas. Estas plantaciones deben recibir atenciones agronómicas diferenciadas. La copa de estos árboles debe estar a no menos de 50 cm del suelo, lo que se logra con podas periódicas, para evitar que los frutos toquen el suelo o estén tan cerca de él que se puedan infestar con *Phytophthora*, por salpicaduras de suelo con la lluvia o el riego.

Para la recolección de los frutos se deben utilizar cajas de campo limpias y desinfectadas, únicamente se deben cosechar frutos del árbol y nunca aprovechar los del suelo.

Una característica de las semillas de cítricos es que pierden su poder germinativo antes que las semillas de muchas otras especies. Las semillas pueden verse afectadas por factores de precosecha como son sequías prolongadas, heladas y otros, además de los factores postcosecha como son las excesivas exposiciones al calor, al sol o la sequedad y el almacenamiento prolongado de las frutas. La cosecha se puede iniciar temprano, cuando los frutos están en la fase de inicio del cambio del color ya que la semilla completa su desarrollo con anterioridad a este momento.

La extracción de las semillas de los frutos debe hacerse en un lugar protegido del sol, con disponibilidad de agua y condiciones de limpieza que eviten las contaminaciones por patógenos que afectan o inhiben la germinación. Esta extracción puede hacerse manual o mecánicamente, todo depende de los medios disponibles y las cantidades que se han de extraer.

Independientemente del método que se utilice para la extracción de las semillas, el siguiente paso es separar el mucílago que las rodea, mediante el tratamiento con una solución de cal o una enzima pectolítica. A continuación se hacen varios lavados con agua corriente para eliminar la cal o el producto utilizado. En este lavado se elimina también restos de vesículas y semillas abortadas que sobrenadan. La etapa posterior y de gran importancia para la conservación y viabilidad de las semillas es la desinfección con agua caliente a 52 °C durante diez minutos como protección contra los hongos que las atacan durante el almacenamiento y en el momento de la germinación. Se complementa el tratamiento anterior con la inmersión de las semillas en una solución de sulfato 8-hidroxiquinona [chinosol] al 1 % durante diez minutos. Este producto es un fungicida y bactericida sistémico, recomendado en el control preventivo de bacteriosis y enfermedades producidas por hongos del suelo vasculares o no, tales como: *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. *Rhizoctonia* spp. y *Verticillium* spp. El tratamiento químico húmedo es a veces sustituido o complementado con un tratamiento seco en forma de polvo, con Arasan o TMTD, Captan, y otros productos específicos para el tratamiento de semillas. El proceso de secado de las semillas es de gran importancia, y debe hacerse con mucho cuidado para evitar que se reseque, lo que puede ocasionar la separación de los cotiledones (por deshidratación) con la disminución o pérdida total de la germinación. Solo se debe secar la semilla exteriormente, en las cubiertas, evitando la pérdida de humedad del interior. Existen varias vías para el secado de la semilla. Una de ellas es mediante una corriente de aire caliente a 37,2 ° C durante cincuenta minutos. Otra es la utilización de zarandas plásticas con las semillas colocadas en camadas de dos centímetros de espesor con una constante remoción para facilitar el secado parejo.

Nunca se deben exponer las semillas a los rayos directos del sol, ni aún en las horas de la mañana. Después del secado se debe hacer una nueva selección negativa, la cual puede ser manual, por corrientes de aire u otras. Para la comercialización y conservación de las semillas se pueden utilizar varios embalajes, por ejemplo bolsas de polietileno transparentes de 100 a 150 micras de espesor selladas con calor, recipientes de hojalata sellados al vacío y envases de plástico rígidos.

La semilla se comercializa en distintas unidades de peso o volumen, dependiendo de la fuente. Las más utilizadas son kilogramos, litros y/o cuartos de galón americano. Si las semillas no se van a utilizar de forma inmediata se deben conservar en cámaras frías especiales con humedad controlada de 65 a 70 % y a una temperatura de 3 a 7 °C.

Una práctica complementaria importante es la inspección periódica, de las semillas envasadas para asegurarse de que no existan daños por mala manipulación durante el transporte y almacenamiento. Se deben volver a tratar con fungicidas con una previa selección negativa en caso de necesidad.

La vida de las semillas en almacenamiento depende de la variedad y condiciones en que han sido extraídas y conservadas. Cuando las semillas han estado almacenadas durante varios meses antes de sembrarse deben realizarse las pruebas de viabilidad para conocer la capacidad de germinación y proceder a la densidad de siembra de acuerdo con estos análisis.

Semillero

El manejo de las semillas es fundamental para obtener una alta eficiencia. Entre los aspectos importantes que deben tenerse en cuenta al proyectar, sembrar y manejar el semillero se encuentra el remojo de las semillas en agua corriente durante 48-72 horas consecutivas para lavar las enzimas que inhiben la germinación y ablandar los tegumentos.

Los sustratos utilizados en la germinación deben recibir la desinfección correspondiente. El lecho de germinación debe recibir un riego intenso antes de la siembra para que quede firmemente asentado. La semilla se siembra a dos centímetros de profundidad, aproximadamente. Se cubren inmediatamente a su siembra para evitar la desecación. El medio de germinación debe permanecer ligeramente humedecido; nunca se deben permitir encharcamientos. Los riegos frecuentes y ligeros son los ideales.

Durante todo este proceso se deben mantener medidas sanitarias estrictas, aplicando preventivamente productos contra hongos y bacterias que causan daños a las plantas de vivero que pueden invalidar el material de propagación.

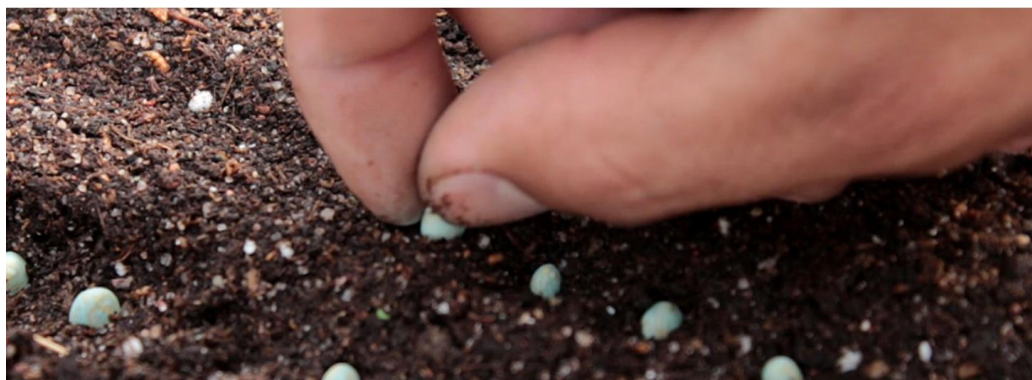


Fig 1.9: siembra manual de semilla

Una vez germinadas el trasplante debe realizarse lo antes posible para evitar la competencia por la luz y el espacio. La selección negativa es fundamental, solo se deben sembrar plántulas fuertes y homogéneas con buen sistema radical. Deben desecharse las que se aparten de la altura media o presenten malformaciones.



Fig 1-10: comparación plántula en buen estado y de otra con mal formación

Para la germinación de las semillas pueden utilizarse germinadores de varios tipos, según las disponibilidades: bidones seccionados longitudinalmente al medio, cajas plásticas y también otros. Estos materiales deben cambiarse en cada ciclo, conjuntamente con la desinfección de los recipientes utilizados.

Se puede utilizar el trasplante directo del germinador a las bolsas o utilizar los conos o tubetes como etapa intermedia para el desarrollo de los patrones. Para facilitar el manejo es recomendable la combinación de los dos métodos. La preferida en varios viveros del mundo, es la germinación directa en el tubete, previamente llenado con un sustrato rico en materia orgánica que permite la aglomeración de raíces



Fig 1-11: Cono o tubete para desarrollo de patrones

Se siembran de una a dos semillas en cada uno. Con cualquier método de trasplante es obligatoria la más estricta selección negativa y la poda de la parte inferior de la raíz para demorar o evitar que la raíz pivotante se doble en el fondo

Envases para viveros

Las primeras bolsas que se utilizaron en los viveros de cítricos al aire libre fueron de gran tamaño, 36 cm de ancho por 46 cm de alto. Se colocaban en hileras dobles. La concepción inicial era producir plantas de gran tamaño con un fuste leñoso y a veces con la copa formada de forma similar a las obtenidas en los viveros en tierra.

Con la experiencia acumulada se pasó a la utilización de bolsas más pequeñas, de 36 x 26 cm, lo que permitió aumentar el número de bolsas por unidad de área. Las nuevas tecnologías en el desarrollo de los viveros de cítricos, en casas de cultivo donde el espacio que se utiliza resulta muy caro, imponen el empleo de una bolsa más pequeña, práctica y funcional, que se debe corresponder con el tiempo de estadio de la planta dentro de ésta.

El ciclo estimado del vivero de cítricos es de 13-18 meses, período en el que las bolsas deben asegurar su objetivo de sostén sin romperse ni cristalizarse.

Son varias las especificaciones de calidad que deben tenerse en cuenta para la adquisición de las bolsas que utilizan en los viveros de cítricos. A continuación se describen las fundamentales:

TAMAÑO: se ha llegado al consenso de que la bolsa de 18 a 23 cm de ancho por 30cm de alto cuando están vacías, y que llenas tienen un diámetro de 11 a 15 cm con una altura de 26 cm, es la que permite un mejor aprovechamiento del área (cerca de 20 bolsas por metro cuadrado).

SELLAJE: Un buen sellaje de las bolsas es imprescindible para su mejor aprovechamiento. El mejor es el que se hace por la parte inferior donde va asentada contra el suelo. Las bolsas con sellaje por los dos laterales se abren cuando se ejerce presión en el momento del llenado.

MICRAJE: Es el grosor del polietileno que debe estar entre 120 y 150 micras para que las bolsas se mantengan sin deteriorarse durante el ciclo de vivero.

NEGRO HUMO: Es el colorante que se da al polietileno para hacerlo resistente a los rayos infrarrojos del sol. Cuando éste no es suficiente las bolsas son muy transparentes y con vetas blancas y de fácil cristalización.

ORIFICIOS PARA EL DRENAJE: Son necesarios para la protección de las raíces, evitando los encharcamientos que causan pudriciones por hongos. Dentro de las bolsas el agua de riego se debe evacuar rápidamente por medio de orificios que deben estar dispuestos simétricamente. Se proponen ocho perforaciones situadas a dos y cuatro centímetros del nivel del suelo cuando las bolsas están llenas y asentadas en su lugar definitivo. En el caso de las bolsas tipo cartucho deben tener dos huecos adicionales en el fondo.

Además de las bolsas, algunos viveros del mundo utilizan envases rígidos de plástico de diferentes tamaños y calibres. Muchos de estos envases permanecen en el vivero y se utiliza como medio de transporte un envase biodegradable que se siembra

Las dimensiones de la bolsa de conjunto con la selección de un buen sustrato permiten la formación de abundante sistema radical que se ancla con fuerza una vez sembrada la planta

Se pueden perder miles de bolsas por deterioro precoz, razón por la cual se deben exigir al fabricante indicadores de calidad que permitan que estas tengan una durabilidad de treinta meses.

Vivero

El vivero debe tener un desarrollo lo más homogéneo posible, lo cual se logra con siembras parejas, uniformes y resiembras tempranas, haciendo un amplio uso de la selección negativa. Las plantas que no presentan un crecimiento activo o se aparten de la media de desarrollo se deben eliminar.

La eficiencia en el vivero se busca desde el inicio, con la preparación, desinfección y aplicación de las enmiendas recomendadas por los análisis físicos y químicos del suelo o de las mezclas del sustrato, así como con la eficiencia del llenado de las bolsas garantizando la alineación, firmeza y llenado completo. La preparación del semillero con el uso de instalaciones específicas, sustratos esterilizados, celdas de germinación y semillas certificadas garantizan patrones bien desarrollados y uniformes que repercuten en la eficiencia final del vivero. La siembra de las plántulas en las bolsas cumpliendo con los requisitos exigidos de uniformidad de siembra, conjuntamente con las resiembras tempranas de aquellas que no desarrollaron o se aparten de la media, son requerimientos importantes para mantener una población homogénea en el momento de injertar.

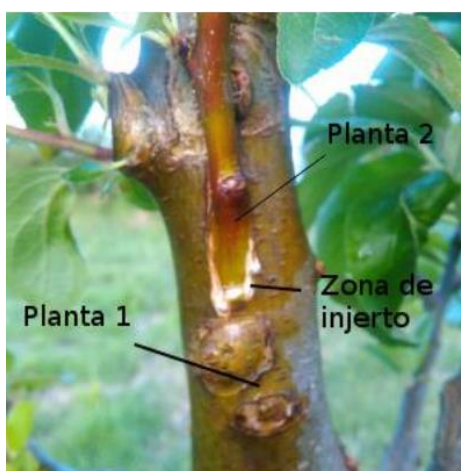


Fig 1-12: Injerto

El patrón debe crecer recto y sin ramificaciones para ser injertado a una altura de 30 cm, como medida preventiva contra *Phytophthora*. En otras regiones se considera que se

puede disminuir la altura de injerto. Cuando más del 70 % de las plantas de una sección alcanzan un diámetro entre 6 y 8 mm a la altura propuesta para el injerto (lo cual ocurre aproximadamente entre 120 y 150 días después del trasplante), se procede a efectuar la injertación en los patrones que han sido previamente fertilizados con nitrógeno y educados mediante la supresión de hojas y espinas a 10 cm por encima y por debajo del punto donde se injertará.

A los 15 días de realizado el injerto se procede a la supresión de la cinta de polietileno transparente que lo cubre y presiona. Entre los 10 y 15 días posteriores, o sea 25 a 30 días después del primer injerto, se reinjertan aquellos patrones en los que no prendió el injerto inicial y se injertan los patrones que no estaban listos en la primera ocasión. Cuando se tienen plantas homogéneas pocas veces es necesaria una tercera reinjertación. El patrón que se aparta de la media de desarrollo, se elimina. Esta es una de las selecciones negativas que es fundamental para entregar solo material de calidad.

Le sigue a continuación un nuevo e importante ciclo que es la formación del injerto y de la planta injertada. Se guía, por medio de la poda de brotes laterales tiernos, un crecimiento recto y único hasta los 40 cm del punto de injerto. A partir de esta distancia, se favorece la ramificación de dos a tres ramas que constituyen la copa primaria o básica del árbol. La eliminación de la parte superior del patrón tiene dos variantes, cada una con ventajas y desventajas que se han de evaluar en cada caso particular.

La primera variante es eliminar el patrón a 1 cm por encima del punto del injerto y utilizar tutores de madera o alambre acerado para mantener erguidos y rectos los injertos que tienden a caerse. La segunda variante es cortar el patrón entre 4 y 6 cm por encima del punto de injerto y utilizar la parte no eliminada como sostén o tutor primario para dar uno o más amarres al injerto obligándolo a crecer recto.

Existe una tercera variante para acelerar y favorecer el crecimiento recto del injerto, que es el agobio del patrón por encima del injerto. Se puede realizar de dos formas, la primera es mediante el doblaje, a veces con amarre del patrón, y la segunda rompiendo ligeramente el patrón varios centímetros por encima del punto de injerto para favorecer el arqueado sin amarre. La supresión del patrón estimula el desarrollo de las yemas axilares y se inicia una gran brotación. Por medio de la eliminación temprana de estos brotes se concentra la fuerza de la savia en el injerto y se evita la formación de cicatrices y desgarres en el patrón.

Las atenciones sanitarias, el riego, la eliminación de malezas y la fertilización controlada son las medidas complementarias necesarias para obtener plantas listas para la siembra con la calidad exigida por una citricultura de vanguardia.

El ciclo normal del vivero a partir de la siembra de las semillas, hasta la entrega de las plantas listas con los indicadores pertinentes, debe oscilar entre 12 y 15 meses considerando bloques o secciones completas, no plantas aisladas. El tamaño, porte y edad de las plantas que se entregan para la siembra ha cambiado radicalmente. Se recomienda entregar para la siembra aquellas plantas que han crecido con un fuste recto sin ramificación hasta los 40-50 cm donde por medio de la poda se ha estimulado

el crecimiento de dos o tres brotes, inicio de la copa definitiva del árbol. Inclusive con un manejo adecuado post plantación, se pueden entregar arbolitos sin copa, solo con dos o tres brotes de crecimiento donde el primero es semileñoso y los otros herbáceos. Cada mes adicional que permanezcan las plantas en el vivero, se traduce en mayores gastos que pueden llegar a constituir hasta el doble de lo normal, cuando los ciclos se alargan demasiado.

La producción de plantas de vivero ha evolucionado con el paso del tiempo y en muchos lugares del mundo coexisten varias prácticas. A nivel comercial se utiliza la producción de plantas en el suelo, para entregar a raíz desnuda o con una mota de tierra. Esta fue la primera práctica comercial utilizada que aún se mantiene en algunas zonas. Después se utilizó la producción de plantas en bolsas de polietileno, envases rígidos de plástico y otros materiales, y otros recipientes en viveros al aire libre

Las amenazas fitosanitarias que existen para la citricultura actual hacen necesario tomar medidas para evitar su diseminación, por ello se están desarrollando los viveros protegidos. Se recomienda, por conveniencia en el manejo, que el área de ocupación de las casas de cultivo esté en el entorno de 1 500 m² con una capacidad entre 25 000 y 30000 bolsas. Esto no excluye la adaptación de instalaciones mayores o la construcción de otras naves como viveros protegidos.

De acuerdo con la magnitud del vivero que se ha de desarrollar, es conveniente dividirlo este en varias naves separadas entre sí, para poder controlar posibles problemas que se presenten dentro de alguna de ellas, por ejemplo el cáncer de los cítricos u otras patologías cuarentenadas y excluyentes. De esta forma se puede eliminar o someter a cuarentena una nave sin afectar la totalidad del vivero.

Debe existir un espaciamiento suficiente entre bolsas y un apropiado ancho de los pasillos para permitir el normal desarrollo de las plantas. Se calculan 17-20 bolsas por metro cuadrado de aislador con el esquema de canteros de 4 bolsas, y pasillos de 60 cm. de ancho. Para aprovechar el 20 % más del área se pueden diseñar canteros de 6 bolsas con pasillos de 60 cm de ancho. Varios viveros en el mundo utilizan hasta 8 bolsas

Durante todo el ciclo del vivero se llevará un esquema de aplicaciones preventivas de insecticidas sistémicos en combinación con los tradicionales. Se puede instalar un sistema atomizador de aplicaciones que se oferta para casas de cultivo o, en su defecto, utilizar motomochilas que garanticen una buena aplicación.

Para la desinfección de las instalaciones, utensilios, equipos, tractores y carretas, la ropa, el calzado y las manos, se debe utilizar un antiséptico desinfectante. El más utilizado y recomendado con este fin es el amonio cuaternario, cuyo principio activo es cloruro de benzalconio. Controla bacterias, algas y hongos y es inocuo para la piel, los metales y el plástico.

Para las cuchillas de injerto y tijeras de corte, la desinfección debe ser con hipoclorito de sodio al 1 %, solución que debe prepararse cada día porque no perdura. Como la lejía corroe los metales, los implementos se deben lavar cada vez que se desinfecten y guardarse después de preservarlos con aceite mineral.

La secuencia de labores técnicas en los viveros protegidos no difiere grandemente de la de los viveros en bolsas al aire libre, y se resumen a continuación:

- Diseño y construcción de los canteros.
- Llenado, colocación y rellenado de bolsas con el sustrato escogido.
- Montaje del sistema de riego seleccionado y aplicación del primer riego para asentar el sustrato.
- Selección y preparación de las plantas del semillero para iniciar la siembra.
- Trasplantar a las bolsas patrones homogéneos, sembrarlos a la altura del cuello de la raíz, sin que este quede enterrado y cuidando de que los patrones queden bien apretados.
- Selección negativa y resiembras tempranas para buscar homogeneidad en el crecimiento y desarrollo.
- Riego periódico sin permitir encharcamientos, ni exceso de humedad dentro de las bolsas. Después de la siembra, y antes y después de injertar, son momentos críticos donde no puede faltar la humedad en el sustrato.
- Solo se deja crecer un fuste, eliminando los hijos cuando están tiernos, labor que se ejecuta con la yema de los dedos.
- Estimular el patrón mediante aplicación de nitrógeno 15 días antes de realizar el injerto.
- Educar el patrón para el injerto suprimiéndole todas las hojas desde la base del tallo hasta la altura a la que se determine realizar el injerto, que generalmente es entre 20 y 23 cm. Esta labor debe efectuarse con el empleo de tijera o cuchilla cuidando de no causar heridas al tallo. Debe Injertar en T invertida o chapa, según la habilidad del injertador; se cubren los injertos con cinta de polietileno transparente y se utilizan siempre cuchillas bien afiladas y los medios de desinfección aprobados
- Todas las plantas antes de ser llevadas a plantación (7-10 días) deben ser tratadas con un insecticida sistémico en el sustrato en la bolsa, de forma tal que se brinde una protección a las plantas durante los primeros 90 días de sembradas en el campo.

Estrategia fitosanitaria en los viveros protegidos

En las casa de cultivo donde se produce el material de propagación de cítricos la estrategia fitosanitaria debe ir encaminada a impedir la entrada y presencia de insectos vectores de patógenos así como combatir desde el inicio la presencia de ácaros e insectos que atacan el follaje, ramas y tronco, e impedir y combatir enfermedades de origen fungoso y/o bacteriano como el cáncer.

Para lograr esto se debe realizar un ciclo cerrado de aplicaciones con productos de última generación con el suficiente conocimiento para dosificarlos, alternarlos y combinarlos para evitar intoxicaciones.

La combinación de productos sistémicos, de alto valor en el mercado mundial, con productos de contacto e ingestión, más económicos, son la base de la estrategia fitosanitaria que se debe seguir para mantener la sanidad del material vegetal básico de propagación. Los medios de aplicación, cualesquiera que sean, deben estar bien calibrados para asegurar aplicaciones homogéneas. Las mejores aplicaciones son aquellas que se realizan cuando las plantas están en plena actividad vegetativa, después del riego.

Las normas de aplicación dependen del tamaño de la planta. Entre 20 y 50 cm³ de solución final por planta, con una aplicación uniforme, son suficientes para combatir las plagas y enfermedades fungosas.

La cantidad de producto que se ha de utilizar cuando se prepara una solución base de 100 litros depende de la concentración del producto comercial de que se disponga, por ejemplo, del producto químico cloropirifos.

Indicadores internacionales que determinan la calidad de una planta de cítricos de vivero

- ✓ El patrón debe provenir de una semilla certificada obtenida en campos de producción de semillas que forman parte de un sistema de certificación.
- ✓ El semillero y el vivero se deben cultivar con las medidas sanitarias exigidas por la legislación vigente, con un estricto control de plagas, enfermedades, malezas, fertilización, riego y, especialmente, con una fiscalización permanente de las enfermedades causadas por organismos de distinto origen.
- ✓ El patrón en el vivero debe mantener un crecimiento erecto y único hasta el punto de injerto, sin heridas ni cicatrices que pueden constituir vías de entrada de patógenos.
- ✓ El injerto se realiza a la altura recomendada localmente, la cual cambia según la zona geográfica, el suelo, el patrón y la variedad.
- ✓ Es indispensable injertar solo con yemas certificadas provenientes de viveros multiplicadores activos registrados y certificados contra enfermedades transmisibles por injerto y con registro de autenticidad varietal.
- ✓ En las regiones donde se reporta la presencia del áfido negro de los cítricos y *Diaphorina citri* los viveros multiplicadores de yemas, los viveros comerciales y los semilleros deben desarrollarse en condiciones de casas protegidas con malla antiáfido.
- ✓ Educar el injerto obtenido con un crecimiento recto y único hasta los 40 cm del punto de injerto, en el que se empieza a educar la formación de las ramas productivas: la copa del árbol.

- ✓ Cada envío de plantas para la siembra en campo debe llevar un certificado donde conste la pureza sanitaria y varietal, avalada por los diagnósticos respectivos.
- ✓ Para obtener plantas listas para ser llevadas a plantación con las anteriores características y en una proporción tal que califique al vivero como excelente es necesario trabajar intensamente con planificación y constancia.

Cronograma de ejecución de un vivero que garantice la entrega de 55600 plantas para la siembra de 100 HA.

Tabla 1-2: Cronograma de ejecución de un vivero de 100 hectáreas

Mes	Etapas
1 y 2	Montaje y equipamiento de las casas protegidas: semilleros y viveros
3	Siembra de las semillas en conos y/o bandejas
3	Preparación, llenado e inicio del trasplante a 80000 conos
3	Preparación, llenado y colocación en el cantero 65000 bolsas
4,5 y 6	Trasplante a las bolsas: 65000 patrones más las resiembras (5%)
9,10,11 y 12	Injertación y reinjertación de 65000 plantas
9 a 15	Desarrollo, crecimiento y preparación de las plantas injertadas
15 en adelante	Selección y envío para plantación 55600 plantas.

- Distancia de plantación a 6 x 3 m equivalente a 556 plantas por hectárea.
- Garantizar la entrega de 55 600 plantas para llevar al campo.
- Bolsas de polietileno que se han de llenar y sembrar: 65 000.
- Se lleva a plantación el 85 % de las plantas del vivero debido a que debe estimarse:

- 5 % de pérdida antes del injerto

- 5 % de pérdidas después del injerto por la selección negativa

- 5 % de plantas que se mantienen como reserva para las resiembras que se hacen durante el

primer trimestre de vida de la plantación.

En el semillero la siembra de las semillas de los patrones debe realizarse en los conos de forma escalonada.

Conos que se han de sembrar: 80000. Se debe estimar 20 % de conos por encima de la cantidad de los patrones que se han de trasplantar, garantizando así las plantas necesarias para las resiembras. Esto equivale a un 80 % de aprovechamiento por lo que hay que trabajar muy eficientemente en el semillero.

1.2 Consideraciones sobre los sustratos

El objetivo fundamental del sustrato es el de favorecer rápidos crecimientos de raíces y partes aéreas de la planta, además de servir como soporte a la misma. Un sustrato estéril o desinfectado permite el desarrollo de las plantas en un medio libre de patógenos que debilitan o inhiben dicho desarrollo. El sustrato ideal debe reunir ciertas propiedades físicas, químicas y sanitarias. Debe ser ligero, uniforme, que permita un rápido drenaje, además debe ser barato y de fácil adquisición en el lugar donde se va a utilizar.

Una de las principales propiedades físicas que se buscan en el sustrato es la porosidad, que no es más que el contenido de aire una vez que el sustrato esté saturado de agua; la porosidad óptima está en un rango de 12 a 20 %. La segunda propiedad física que se busca es la capacidad de retención de agua, volumen retenido cuando está saturado. Esta capacidad debe oscilar entre 150 y 200 mililitros/litro. El balance entre la porosidad y la capacidad de campo asegura oxígeno suficiente para la respiración de las raíces inhibiendo el desarrollo de los microorganismos patógenos, además permite la existencia de un nivel de humedad que es aprovechada para el intercambio y toma de nutrientes por las raíces.

Cuando se empezaron a desarrollar los viveros techados en envases se comenzó a utilizar como sustrato para bolsas, tubos y bandejas, un compuesto que se comercializa internacionalmente con el nombre de PRO-MIX-BX. Se compone de 60 % de turba canadiense, 20 % de perlita y 20 % de vermiculita a lo cual se le añade cal dolomítica, superfosfato, nitrato de calcio y microelementos.

Debido al alto costo de este sustrato, algunos viveristas empezaron a utilizar turbas locales y otras mezclas, pero se ha encontrado que algunas turbas son menos fibrosas que la canadiense y han causado problemas de drenaje en las bolsas. También se han encontrado turbas contaminadas por nemátodos. En varios países se utilizan mezclas de fuentes locales de materia orgánica con arena, litonita o rocas volcánicas trituradas como sustratos para las bolsas. La materia orgánica debe estar bien descompuesta por procesos biológicos, y convenientemente analizada para que no contenga residuos perjudiciales taninos y otros.

También se usan sustratos originados por la descomposición biológica de virutas y cortezas de varios pinos y otros árboles maderables, con la adición de nitrógeno para acelerar la descomposición, microelementos, cal para enmendar el pH y nitrato de potasio como fuente de macroelementos.

La fibra de coco está teniendo mucho éxito como sustrato en varios viveros de cítricos de Brasil, Argentina y otros países. En Brasil también es común la utilización de corteza de pino tratada y molinada como sustrato para viveros. La mayoría de los viveros de Sudáfrica emplean la corteza de pino bien descompuesta como sustrato para sus envases. Son muy cuidadosos al tratar la corteza para evitar los daños por los taninos que contiene. No usan la turba, vermiculita, ni perlita por su alto costo. En Australia se

ha descrito un sustrato con excelentes cualidades físicas, compuesto por partes iguales de un suelo ligero, arena cuarcítica y materia orgánica obtenida por la fermentación de cáscara de arroz o virutas de madera. Por cada metro cúbico de sustrato se agregan 0,75 kg de superfosfato triple, 1 kg de cal y 2 kg de dolomita y una solución de quelatos, hierro 80 g, manganeso 80 g, zinc 60 g y cobre 25 g.

En resumen, puede decirse que son varias las fuentes de materia orgánica que se pueden utilizar para hacer compost y utilizarlo como sustrato en los viveros. Se deben valorar las posibilidades locales de: bagacillo, cachaza, pulpa de café, gallinaza, estiércol de varios orígenes, aserrín, virutas de aserríos, cascarilla de arroz, restos de cosechas y podas etc.

La tendencia mundial en los viveros protegidos es el uso de sustratos puros, sin el empleo de suelo para la preparación de las plantas de cítricos. Los costos de los sustratos son mínimos comparados con los que generan las estructuras, mallas y otros medios de aislamiento así como el equipamiento de riego y otros gastos necesarios para la construcción de casas de cultivo protegidas.

Los elementos que nos permitirán producir plantas sanas y vigorosas son el sustrato, el agua, los nutrientes, los abonos y los fertilizantes.

Sustrato

Sustrato es todo material sólido distinto del suelo in situ; natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezcla, desempeña la función de soporte de una planta permitiendo el anclaje del sistema radicular de la misma.

En otras palabras cualquier material poroso, independientemente de su origen, puesto en un contenedor que va a albergar una planta se denomina “Sustrato para planta”.

Las funciones principales del sustrato son servir como soporte y favorecer rápidos crecimientos de raíces y partes aéreas de la planta. Para ello deben permitir una buena interacción de las raíces de la planta con el agua, oxígeno y nutrientes que se proporcionen. De esta dinámica depende en gran parte la densidad de raíces, el crecimiento de la canopia de la planta y la uniformidad del cultivo.

Un sustrato ideal debe reunir ciertas propiedades mecánicas, físicas, químicas y biológicas. El conocimiento de estas propiedades son esenciales para el manejo del cultivo.

La producción exitosa de plantas de alta calidad en macetas, conocidas también como recipientes o contenedores, requiere de una comprensión del ambiente único

encontrado en la maceta y como éste es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados.

Una planta en plena actividad de crecimiento puede extraer toda el agua disponible en un recipiente común en uno o dos días. Después de un riego, el sustrato se satura desde el fondo del recipiente y las raíces de esa zona permanecen sin aire. No es sino hasta que la planta utiliza suficiente agua, que se crean espacios a ocuparse por aire. A la vez, al secarse el sustrato, la concentración de sales en la solución de suelo puede aumentar a niveles altos. Algunos nutrimentos, tales como el nitrógeno y potasio se pierden por absorción de la misma planta y otra parte por lixiviación, pudiendo llegar a ser rápidamente abatidos si no son abastecidos periódicamente.

Algunas de estas condiciones estresantes pueden considerarse una consecuencia directa el volumen restringido del sustrato en la maceta, el cual tiene que suplir las necesidades de una planta que es relativamente grande para ese volumen.

El problema no es que el sustrato no pueda suplir las necesidades de la planta, sino que el período en que deben de abastecerse esas necesidades siempre es corto. Es por ello que un programa adecuado de manejo es esencial para minimizar las condiciones estresantes que se pueden encontrar en macetas o contenedores.

Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de alta calidad. Dado que el volumen de una maceta es limitado, el sustrato y sus componentes deben de poseer características físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo.

Las propiedades físicas son consideradas como las más importantes para un sustrato. Esto es debido a que si la estructura física de un sustrato es inadecuada, difícilmente podremos mejorarla una vez que se ha establecido el cultivo. En cambio, las propiedades químicas sí pueden ser alteradas posterior al establecimiento del cultivo. Por ejemplo, si un sustrato no posee un pH o el nivel nutricional adecuado, éstos pueden mejorarse añadiendo mejoradores o abonos. Similarmente, un exceso de sales solubles puede remediarse con un lavado (o lixiviado) con agua de baja salinidad

Clasificación de los sustratos

A continuación se detallara como se clasifican los distintos tipos de materiales que pueden utilizarse como sustratos.

Según sus propiedades Químicas

Químicamente inertes:

- Capacidad de intercambio catiónico baja o nula.
- Actúan exclusivamente como medio de soporte físico para el cultivo.
- No ejercen influencia sobre el intercambio de minerales de los que se alimenta la planta.

Químicamente activos:

- Capacidad de intercambio catiónico alto
- Acumulan nutrientes y forman una reserva de la cual la planta los va tomando, actúan como un “colchón nutritivo” para la planta.

Según su origen

Materiales orgánicos:

- Naturales: por ejemplo orujo de uva, cortezas de árboles, residuos madereros, turbas, etc. Por lo general, necesitan un tratamiento de “compostaje”.
- Sintéticos: Son polímeros provenientes de la industria de los plásticos no biodegradables, por ejemplo poliuretano, poliacrilamida, poliestireno.

Minerales:

- Naturales: proceden de rocas y minerales diversos: arenas, gravas, gravas volcánicas (puzolanas, zeolitas), etc.
- Tratados: proceden de rocas y minerales tratados industrialmente por procedimientos físicos en general, y en menor medida químicos, de tal modo que sus propiedades resultan muy alteradas: perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, escorias industriales de altos hornos, estériles del carbón, etc.

A continuación se listan subproductos utilizados para elaboración de sustratos según su origen, estos forman parte de los materiales más comunes utilizados en los viveros para conformar sus mezclas de sustratos.

Tabla 1-3: Sustratos según su origen

Origen	Subproductos o residuos
Explotación forestal	Mantillo vegetal o tierra de bosque, tierra de castaño, hojas acículas, corteza, serrín o virutas de madera, corcho, piñas y cáscara de piñones
Explotación agrícola	Paja de cereales, compost de champiñones, restos de poda, restos de tallos de tabaco, restos de caña de azúcar.
Explotación ganadera	Estiercol, gallinaza, pieles y lanas, aves y peces muertos
Actividad industrial	Algodón, lino y fibras acrílicas, escorias de altos hornos, escorias de carbón, lodos de papel.
Actividad agroalimentaria	Orujos de uva y aceituna, lúpulo y malta, hojas de té, marros de café, cascarilla de arroz, carbonos activos y tierras de filtrado, colmatados, restos vegetal, cáscara de frutos secos, vainas de algarrobo
Núcleos urbanos	Basura urbana, lodo de depuradoras de aguas residuales, restos vegetales de jardinería urbana
Yacimientos naturales, explotación minera y construcción	Tierra, arena, sablón, granito, estériles de carbón, vermiculita exfoliada, arcilla expandida, arcilla calcinada, fibra de vidrio, puzolana volcánica, piedra pomez
Plantas cultivadas	Kenaf, álamo, cardos
Explotaciones marinas	Algas y plantas marinas
Policarbonos de síntesis	Poliestireno expandido, poliuretanos

Propiedades mecánicas

Es imprescindible que el material mantenga estable su estructura a lo largo del ciclo de cultivo, sin degradarse. Asimismo es preferible que carezca de aristas que podrían lesionar las raíces y el cuello de las plantas. Un material excesivamente frágil puede fragmentarse en partículas finas que reducirán la porosidad y la capacidad de aireación. Esto afectará la supervivencia de las raíces.

Propiedades físicas

Constituyen el conjunto de características que describen el comportamiento del sustrato en relación con su porosidad y determinan:

- Fracción sólida
- Fracción líquida
- Fracción gaseosa

De aquí se obtienen las cantidad de agua y aire de los que va a disponer la planta, por lo tanto de dichas características dependen tanto la alimentación de la planta como la respiración radicular.

Para la definición y determinación de estas propiedades, es extremadamente importante establecer métodos normalizados. Sin ellos es muy difícil cuantificar la calidad de los sustratos comparar los diversos materiales y prever sus aplicaciones, su comportamiento y como deben manejarse.

Propiedades físicas iniciales

Granulometría: expresa la distribución de las partículas como porcentaje de la masa de cada fracción de tamaño, en relación con la masa total seca al aire.

Se consideran materiales gruesos los de partículas mayores de 0,9 mm. Estos sustratos tienen buena aireación pero escasa retención de agua. Los materiales finos tienen partículas menores de 0,25 mm y, al contrario de los gruesos, retienen mucha agua y su capacidad de aireación es muy pequeña.

Densidad real: La densidad real expresa la relación entre la masa del material seco a 105°C y el volumen real ocupado por las partículas, sin incluir el espacio de poros intermedio. La densidad real de los materiales orgánicos ronda los 1,45 g.cm⁻³ y la de los minerales es de alrededor de 2,65 g.cm⁻³

Densidad aparente: La densidad aparente es la masa del volumen del sustrato definida como la relación entre la masa del material seco a 105°C y el volumen ocupado, incluido el espacio de poros intermedios. Una misma muestra de sustrato puede ocupar mayor o menor volumen según su grado de compactación o su consistencia, por lo cual la densidad aparente puede ser muy distinta en cada caso. La densidad aparente representa al modo en el que el sustrato se presenta en la realidad y por lo tanto indica su peso, que es importante a los efectos del transporte y la manipulación y también de la estabilidad de las plantas ante el viento en los viveros.

Porosidad Total: es el volumen total de sustrato no ocupado por partículas. La estimación más difundida de la porosidad total (PT) se hace a partir de las densidades real (DR) y aparente (DA): $PT(\%) = (1 - DA/DR) * 100$

También se distingue en los sustratos dos tipos de poros abiertos, según su tamaño.

- Poros capilares o microporos: de diámetro inferior a 30 µm, almacenan el agua,
- Macroporos: superiores a 30 µm que se llenan de aire después del drenaje.

De todo lo anterior se deduce que conocer el porcentaje de PT no es suficiente para asegurar que un sustrato tiene un buen equilibrio entre los contenidos de agua y de aire, sino que para ello es necesario conocer también el tipo de poros y su proporción volumétrica.

Propiedades hidrofísicas

La metodología más difundida para la caracterización de las relaciones aire-agua de un sustrato es la puesta a punto por de Boodt et al. (1974), que permite conocer la curva de liberación de agua del material. Estas curvas relacionan el contenido de humedad (%) de un medio poroso y la energía con la que el agua es retenida por el mismo Potencial matricial. A continuación se muestra una tabla con distintos tipos de sustratos y sus propiedades hidrofísicas basadas en estas curvas.

Tabla 1-4: Propiedades físicas de distintas mezclas de sustratos

Propiedades físicas de distintas mezclas de sustratos					
Sustrato	Capacidad de aireación (%)	Agua de reserva (%)	Agua fácilmente disponible (%)	Agua total disponible (%)	Agua difícilmente disponible (%)
Fibra de coco + Poliestireno expandido	37,6	1	24,3	25,3	32,4
Restos vegetales compostados + Puzolana volcánica	39,8	2,6	4,4	7	18,2
Corteza de pino compostada + Puzolana volcánica	38,9	2,7	7,6	10,2	20,8
Corteza de pino compostada + Fibra de coco	42	3,5	8,6	12,1	35,2
Fibra de coco + Corteza de pino compostada	40,9	3,3	17,3	20,6	31
Restos vegetales compostados + Corteza de pino compostada	29,5	4,8	17	21,8	30,8
Restos vegetales compostados + Fibra de coco	31,7	3,2	16,7	19,9	28,1
Niveles de referencia	20 - 30	4,0 - 10	20 - 30	24 - 40	25 - 31

Agua fácilmente disponible: es el volumen de agua que libera el sustrato al aumentar la tensión de succión de 10 a 50 cm de columna de agua (-1 a -5 kPa) y se considera que en estas condiciones hídricas la planta tiene un crecimiento óptimo.

Se considera como óptimo un rango de valores de agua fácilmente disponible entre 20 y 30% (en volumen). El tamaño de los poros tiene enorme importancia en la disponibilidad del agua para la planta, ya que parte del agua total retenida por el sustrato, la de los

poros más pequeños (menores de 30 μm), ofrecerá una resistencia excesiva que no podrá vencer la succión de la planta.

Cuando un sustrato tiene insuficiente retención de agua fácilmente disponible, puede deberse a una baja porosidad o tener un exceso de poros grandes que pierdan el agua por gravedad después del riego. También, como se ha dicho antes, si los poros son muy finos el agua no estará disponible para las plantas por ser retenida con excesiva tensión.

Agua de reserva: El agua de reserva es el volumen que se libera cuando la tensión de succión en el sustrato aumenta de 50 a 100 cm de c.a. El valor óptimo del agua de reserva se encuentra en el rango de 4 a 10% (en volumen).

Agua total disponible: Se considera la suma del agua fácilmente disponible más el agua de reserva como el agua disponible para la planta.

Capacidad de contenedor: Es la humedad media de una masa de sustrato, que después de ser saturado con agua, se deja drenar totalmente y alcanza un estado de equilibrio. Se habla de humedad media ya que el contenido de agua no es homogéneo, aumenta hacia la base de contenedor.

Para extraer el agua que necesita, la planta debe vencer las fuerzas de retención de la misma debidas a la gravedad, la presión osmótica por los electrolitos disueltos y la succión capilar de los microporos.

El potencial mátrico que corresponde a la fuerza de succión retención del agua por el sustrato, es una componente importante del potencial hídrico total.

Este potencial caracteriza la disponibilidad de agua para la planta y se expresa por las curvas de liberación, que hacen posible comparar las características hídricas de los diversos tipos de sustratos.

Capacidad de aire: Es la diferencia entre el volumen de porosidad total y el volumen de agua a 10 cm de tensión de columna de agua. Este volumen coincide empíricamente con el de poros vacíos de agua cuando, después de saturar el sustrato, se deja drenar. Su óptimo se sitúa entre 10 y 30 % en volumen. En este margen se considera que las raíces disponen de suficiente volumen de aire para su función respiratoria.

Propiedades químicas

Como se nombró anteriormente desde este punto de vista se distinguen dos tipos de materiales, los químicamente activos y los inertes. Los mismos se diferencian en que en los activos tienen lugar intercambios de minerales entre el sustrato y la solución, por ejemplo los sustratos que llevan componentes orgánicos, en los que las sustancias húmicas tienden a retener cationes de la solución, y los materiales químicamente inertes, en los que los intercambios son muy reducidos o nulos. La inactividad química del sustrato garantiza que el equilibrio iónico de la solución nutriente no será alterado y por ello estos sustratos son los empleados para el cultivo hidropónico.

PH

Una de las variables químicas a considerar es el PH del sustrato, este valor puede afectar la disponibilidad de iones para la planta. Por ejemplo los materiales con altos contenidos de carbonato de calcio son problemáticos y deben desecharse por elevar el ph de la solución excesivamente. Se considera el rango de 5 a 7 (en extracto de saturación) como óptimo. Suelos ácidos o alcalinos: A los cítricos no les sienta bien los suelos muy ácidos, ph inferior a 5 ni los suelos básicos, Ph mayor a 8. Los suelos muy ácidos por lo general son deficientes en algunos nutrientes esenciales para las plantas, como el calcio y el magnesio, y se suministran en exceso con otro, como el aluminio y/o el manganeso. Los suelos calcareos con alto contenido de cal libre causan clorosis inducida por la cal, un amarilleamiento excesivo de la lanta. La clorosis es particularmente evidente en algunos porta injertos. En casos severos puede afectar el rendimiento y la salud de la planta.

La capacidad de intercambio cationico

se define como la cantidad de cationes presentes en la superficie del sustrato y que pueden intercambiarse con los cationes de la solución nutriente, hasta alcanzar un equilibrio. Tampoco es necesario formar reservas de nutrientes en el sustrato, que dificultarían las posibilidades de control de la nutrición por parte del viverista, e incluso podrían producir acumulaciones peligrosas de cationes absorbidos por la planta pero presente en el agua, por ejemplo el sodio.

En los cultivo no hidropónicos es interesante una alta capacidad de intercambio cationico que garantiza que los fertilizantes añadidos al sustrato van a ser retenidos y puestos gradualmente a disposición de las raíces, evitando pérdidas por lavado. Nutrientes, abonos y fertilizantes.

Como se vio anteriormente, la tierra que se usa para llenar los envases y almácigos tiene que cumplir varias funciones: dejar entrar y retener el agua; ser rica en nutrientes; blanda para que la raíz pueda crecer y no desarmarse cuando se saque el envase. Las plantas necesitan para su crecimiento y desarrollo contar con diversos nutrientes del suelo. Se considera que un suelo o sustrato es fértil cuando se cumplen las condiciones de dotación y abastecimiento para ese mismo suelo.

Dotación

Se refiere al contenido de nutrientes que posee originalmente un suelo o sustrato. Se determina por análisis de laboratorio que son interpretados por profesionales.

Abastecimiento

son aquellas condiciones de suelo o sustrato que permiten que un determinado nutriente se encuentre disponible para la planta. También se determina por métodos de laboratorio.

Conocidos estos datos, se puede determinar si esta la dotación y abastecimiento necesario para un determinado cultivo o es necesario ajustar y colocar más nutrientes para lograr mejores resultados. Por ejemplo, si consideramos al Nitrógeno como nutriente en el suelo, la cantidad de este elemento en forma disponible para el vegetal se llama dotación. Las propiedades físicas del suelo como la porosidad que constituye el espacio poroso del suelo, se refiere al porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso disponible para el intercambio gaseoso (aireación) y el paso del agua. La presencia de encostramiento y/o capas compactadas subsuperficiales, la textura y estructura del suelo, el contenido de materia orgánica, pueden condicionar ese espacio poroso e intervenir en el abastecimiento del nitrógeno para las raíces de los cultivos (ya que actúan sobre la movilidad y la absorción de Nitrógeno por las raíces del cultivo)

Los nutrientes pueden ser proporcionados por enmiendas orgánicas o inorgánicas. En las producciones orgánicas se recomienda el uso de abonos de origen animal y vegetal, estos son en general, los abonos, las tierras mejoradas (lombriz fértil y otras). En las producciones de mayor escala a las familiares se recurre normalmente a los fertilizantes (químicos). Estos pueden ser en polvo, granular o líquidos

Estos nutrientes, o elementos básicos para que las plantas se nutran y desarrollen con normalidad son:

Nitrógeno (N): aproximadamente un 95% de este nutriente tiene su fuente en la materia orgánica del suelo. Pero se puede agregar al suelo en forma de urea por ejemplo. Consecuentemente un suelo pobre en Materia orgánica, tendrá un bajo contenido en NNO_3^- para la planta.

Fósforo (P): se considera que un 50% del P-PO 4-3 absorbido por el vegetal proviene de la materia orgánica del suelo, el otro 50% restante corresponde al material original del suelo (Roca madre).

Potasio (K): la roca madre es el origen de este nutriente. Calcio (Ca) y Magnesio (Mg): igual fuente que el K. Azufre (S): aproximadamente iguales características que el N.

Hierro (Fe), Molibdeno (Mo), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Boro (B): son considerados como micronutrientes u oligoelementos (también elementos menores) por su baja concentración en la solución del suelo. La planta necesita una reducida provisión de los mismos para su metabolismo. Su disponibilidad está fuertemente influida por el valor de pH en el suelo.

Abonos

Se define como abono orgánico a aquel material compuesto por residuos de distinto origen, en diferente estado de transformación, todo de características orgánicas. Algunos ejemplos son: restos vegetales, residuos de cosecha, vegetales en pleno desarrollo, residuos urbanos y cloacales, estiércol, cama de criadero, residuos de agro industria. Su utilización se limita a cultivos hortícolas, frutícolas y ornamentales de tipo intensivo, debido fundamentalmente al alto volumen que se debe utilizar. Las siguientes son algunas de sus características:

- Baja concentración de nutrientes asimilables y no equilibrada.
- Nivel de materia orgánica relativamente alto.
- Efecto principal sobre las propiedades físicas del suelo.
- Necesidad de altos volúmenes de aplicación.
- Composición química variable de acuerdo a su origen.

Fertilizantes

Se define como fertilizante a toda sustancia o mezcla de sustancias que, incorporada al suelo o aplicada sobre la parte aérea de los vegetales, suministra el o los elementos que estos requieren para su nutrición, estimulando su crecimiento y aumentando su producción. El grado de un fertilizante es el porcentaje en peso del elemento en cuestión. Los fertilizantes tienen expresado su graduación de la siguiente forma: N como elemento, P como P_2O_5 y el K como K_2O . En las bolsas leemos: N P K precedido por un número que indica la cantidad de cada uno de estos tres elementos. La pureza es el porcentaje del elemento declarado en el producto en relación con el porcentaje del mismo en el compuesto químicamente puro. La materia inerte son los productos que acompañan al fertilizante y le dan volumen pero no modifican sus características ni tienen acción fitotóxica.

Momento de aplicación

- Presiembra o preplantación
- A la siembra o plantación
- En el cultivo

Algunos fertilizantes usados

- Fertilizantes nitrogenados Su origen puede ser natural o producto de síntesis industrial. Algunos ejemplos son: Nitrato de Potasio (también se lo considera como Potásico); Nitrato de Calcio; Amoníaco anhidro; Nitrato de Amonio; Sulfato de Amonio
- Fertilizantes fosforados: Los más utilizados son Superfosfato triple de Calcio; Fosfato Monoamónico; Fosfato diamónico; Superfosfato Simple.

- Fertilizantes Potásicos Algunos ejemplos son: Sulfato de Potasio; Sulfato Potásico-Magnésico; Nitrato de Potasio.

- Fertilizantes de Liberación Lenta: Son fertilizantes cuya presentación es en comprimidos recubiertos. Los comprimidos recubiertos corresponden a fertilizantes N-P-K de grado variable. En general son fertilizantes sólidos convencionales recubiertos de una resina, que impide su solubilización inmediata. Su costo es elevado y su empleo se ve justificado en cultivos de alto valor (florales o plantas de interior). Los fertilizantes pulverulentos de lenta liberación corresponden a aquellos que poseen en su composición una solución de Micro elementos en vidrio fundido. [7]

Características de los fertilizantes: Composición química: expresa el contenido de nutrientes del fertilizante. Elementos primarios: N, P, K Elementos secundarios: Ca, Mg y S Elementos menores o microelementos: B, Zn, Cu, Fe, Mo, Mn, etc.

Valores óptimos de las propiedades físicas y químicas de sustratos para plantas cítricas

En general para la formulación de un sustrato hay que definir un material base, que es el que va a dar la matriz estructural del sustrato a partir del cual se realizará la incorporación de otros materiales denominados correctivos, dependiendo de la/s propiedades que se quieran mejorar.

Por lo general un sustrato formulado con un solo material no cubre todas las necesidades del cultivo y se encuentran mejores mediante la mezcla de 2 o 3 materiales. Por el contrario la utilización de muchos materiales hace que la mezcla no se mantenga homogénea, además es muy posible que 2 de los materiales agregados cumplan la funciones similares. Siempre reducir el número de materiales en la mezcla facilita el manejo.

Tabla 1-5: Niveles óptimos en propiedades físicas y químicas de un sustrato para plantas cítricas

Niveles óptimos en las propiedades físicas y químicas de un sustrato		
Propiedad	unidad	Rango de valores
Tamaño de partícula	mm	0,25 - 2,5
Densidad aparente	g.cm^{-3}	menor 0,75
Densidad real	g.cm^{-3}	1,45 - 2,65
Espacio poroso total	%vol	mayor a 85
Capacidad de aireación	%vol	20 - 30
Agua fácilmente disponible	%vol	20 - 30
Agua de reserva	%vol	4 - 10
Agua total disponible	%vol	24 - 40
Contracción		menor a 30
PH		5,2 - 6,5
Conductividad eléctrica		0,75 - 3,5

Otras propiedades secundarias pero no menos importantes que se buscan son:

- Ligereza: debe ser liviano para poder ser manipulado con facilidad.
- Bajo costo y Fácil adquisición: Como práctica habitual los productores suelen aprovechar distintos tipos de materiales que puedan servir como sustrato de regiones aledañas al invernadero. Esto es clave para evitar altos costos debido al transporte.

En resumen, muchos son los materiales que pueden utilizarse para formar mezclas aptas para el crecimiento de distintos tipos de plantas en contenedores cerrados. El objetivo es combinar sustratos con diferentes propiedades que se complementen entre sí, encontrando una mezcla con las condiciones físicas y químicas óptimas para que crezca nuestra planta, sin perder de vista que además, esta mezcla debe ser lo más económica, liviana y de fácil adquisición.

Mezcla de sustratos Vivero de Tucuman

Actualmente estos viveros son productores de distintos tipos de variedades principalmente de cítricos.

Tabla 1-6: Variedades de planta vivero

Variedades Vivero	
Limoneros	Genova EEAT, Lisbon, Limoneira 8A, Feminello, Santa Teresa, Eureka
Naranjos	Robertson Navel, Hamlin, Westin, Moro Blood, Tangerina, Salustiana, Pineapple, Valencia EELT
Limero	Lima Tahití, Lima dulce de palestina, Lima de Pupo, Limón sutil (lima key)
Otros citrus	Pomelos Flame, Tangelos Nova y Mineola, Kumquats Nagami, Kumquats pulpa dulce
Paltos	Hass, Torres
Porta injertos	79AC, 75AB, 61AA3, Flying Dragon, Citrange Troyer, Citrange Carrizo, Citrumelo 4475, Mandarin Cleopatra, Naranja Agrio
Mangos	Sensation, Kent, Keitt; Tommy Atkins Osteen
Durazneros	Florida King, June gold, Early grande

Se producen aproximadamente 650000 plantas por año. Para ello se llenan aproximadamente 20000 macetas con tierra por semana cuando debe realizarse el transplante.

La mezcla utilizada por el vivero consta de 4 elementos clásicos para formular sustratos, tierra, arena, perlome y fibra de coco.

A continuación se detallaran las propiedades de cada uno de los materiales y que características aportan a la mezcla:

Perlome

Este material es un tipo de arena volcánica de sílice que calentada a unos 1000°C se funde y se hincha formando copos muy porosos. La perlita posee una densidad que oscila entre 100 y 150 kg kilogramos por metro cúbico, lo que es algo insignificante si lo comparamos con los 1.200 kilos que suele tener un metro cúbico de suelo agrícola. Tiene un color blanco intenso, es extremadamente consistente y por tanto muy resistente a la erosión, en particular a la provocada por el crecimiento de las raíces.

Es un mineral natural del grupo de las riolitas. La composición básica es la de un silicato aluminico, con pequeñas cantidades de otros elementos.

Es de color blanco, es capaz de reflejar los rayos solares, proporcionando un extra de luz a la planta para obtener una rentabilidad óptima de la misma. En plantaciones en verano, este color blanco impide también el calentamiento excesivo de la base del sustrato. El efecto de reflexión de luz ,repele igualmente a determinados insectos y ácaros, defendiendo a la planta cuando está joven e impide también el crecimiento de malas hierbas.

Fabricación

El primer proceso en la fabricación de perlita, consiste en la extracción de la materia prima en la mina, donde se somete a un proceso de limpieza, eliminación selectiva de las impurezas, pasando posteriormente las piedras a molerse en sucesivos molinos. Luego pasa a una zona de desecado a alta temperatura (300-400 °C) para eliminar la humedad del mismo, y proceder a su clasificación en bandas granulométricas distintas. Todo este proceso se realiza normalmente en minas y canteras de países del sur de Europa. Actualmente las materias primas de mayor calidad para su uso agrícola, se encuentran localizadas en las islas griegas.

La siguiente fase de la materia prima, es el tratamiento térmico en el horno de expansión. Se trata de un horno vertical, alimentado de forma continua con depósitos de propano. Al ponerse en contacto el mineral con una llama a alta temperatura, superior a los mil grados centígrados, se provoca un cambio en su estado físico-químico, ya que se evapora bruscamente el agua, estallando la partícula y aumentando de 10 a 20 veces su volumen original.

Tienen una densidad aparente baja y porosidad elevada, estas y el resto de propiedades físicas varían según el tamaño de las partículas.



Fig 1-13: Perlita agrícola

Propiedades físicas de la perlita

Tabla 1-7: Propiedades físicas perlita comercial

Propiedades físicas de muestras de perlita comercial de diferentes granulometrías							
Tipo de perlita	Tamaño de partícula [mm]	Densidad Real [g/cm ³]	Densidad aparente [g/cm ³]	Porosidad total [%vol]	Aireación [%vol]	Agua fácilmente disponible [%vol]	Agua de reserva [%vol]
A 13	3 a 5	0,97	0,121	87,5	62,9	5,6	2,5
B 12	0 a 5	1,01	0,155	84,7	33,5	20,9	5,7
B 10	0 a 3	0,96	0,128	86,7	41,9	17,6	6,7
B 9	0 a 1,5	1,43	0,086	94,8	15,7	38,3	9,7
B 6	0 a 1,5	1,3	0,062	95,2	33,3	30,9	8,7

Puede destacarse que entre los distintos tipos de perlita, las de menor tamaño de partícula menos aireación y mayor retención de agua. Este hecho es la causa de mayores crecimientos y rendimientos en algunos cultivos en dichos sustratos de partículas más finas, siempre y cuando la capacidad de aireación no sea un limitante. Independientemente del tipo de perlita, este material permite mejorar considerablemente la estructura del suelo, evitando la compactación y endurecimiento del sustrato, esto se debe a su capacidad de no comprimirse al humedecerse con el riego ni deformarse soportando el peso de los demás componentes del sustrato.

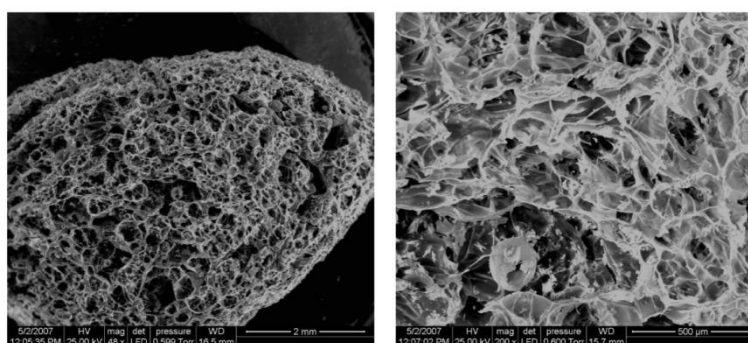


Fig 1-14: Perlita agrícola vista con microscopio

Propiedades químicas de la perlita

Es un material 100% inorgánico, totalmente estéril, inerte y no se descompone con el tiempo. Al ser un sustrato inerte, ayuda a proporcionar un manejo adecuado de la fertilización según los objetivos nutricionales previamente determinados. Es neutro, el pH de este material oscila entre 6 - 7,5 y su contenido de sales solubles es nulo.

La capacidad de intercambio catiónico de la perlita es muy baja; alrededor de 3 meq./100 g. En caso de utilizarse la perlita como elemento base para la formulación del sustrato, este factor hace que tengamos especial cuidado en los abonados ya que los diversos elementos nutritivos que aportemos, apenas van a quedar retenidos en el sustrato.

Tabla 1-8: Composición química de la perlita

Composición química	
Compuesto	Porcentaje en peso [%]
SiO ₂	74,0-79,5
Al ₂ O ₃	13,0-17,0
K ₂ O	0,5-5
Na ₂ O	2,0-5,0
CaO	0,4-0,6
Fe ₂ O ₃	0,3-0,95
MgO	0,04-0,5
Sulfatos	exenta

Arena

Por definición, la arena es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales de pequeño tamaño. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0.063 y 2 milímetros. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. Las partículas por debajo de los 0.063 mm y hasta 0.004 mm se denominan limo, y por arriba de la medida del grano de arena y hasta los 64 mm se denominan grava. El principal componente más común de la arena, en la mayor parte del es el sílice, generalmente en forma de cuarzo. Sin embargo, la composición varía de acuerdo a las características locales de las rocas del área de procedencia.

Las arenas son comúnmente usadas como componente inorgánico de sustratos, particularmente aquellas utilizadas en viveros. Aquí se busca especialmente incrementar la densidad del sustrato para reducir el riesgo de volcado de macetas por el viento (que puede resultar en costos altos de mano de obra), en el caso de macetas que se coloquen

en el exterior. Sin embargo, este objetivo subestima el impacto potencial que la arena puede tener sobre las propiedades físicas del medio. Al igual que para el resto de los componentes de una mezcla, la arena también requiere una evaluación de su distribución y de tamaño de partícula. Las arenas naturales se componen de partículas que oscilan en diámetros que van desde 2 a 0.05 mm, y que se han subdividido en cinco clases, como se aprecia en el siguiente cuadro

Tabla 1-9: Granulometría arena para uso frutícola

Granulometría ideal para arenas de uso frutícola		
Categoría	Tamaño (mm)	Proporción deseada
Grava	menor a 2	0
Arena muy gruesa	2,0 - 1,0	0 - 5,0
Arena gruesa	1,0 - 0,5	70 - 80
Arena mediana	0,5 - 0,25	70 - 80
Arena fina	0,25 - 0,1	0 - 20
Arena muy fina	0,1 - 0,05	0 - 2,0

La arena utilizada para realizar la mezcla preferentemente debe tener un tamaño de partícula que oscile entre los 0,5 mm a 2 mm es decir debe ser arena gruesa/arena muy gruesa. Esto crea más espacio entre las partículas de suelo y mejora la aireación o el contenido de oxígeno entre las raíces. También permite que el exceso de agua se drene rápidamente lejos para que las raíces no estén anegadas.

2. Abordaje de la problemática

Como se fue comentando previamente a lo largo de este informe nos centralizaremos en la etapa del proceso de fabricación de plantas de cítricos que parte desde la preparación del sustrato y culmina con la maceta llena con el mismo. Esta tarea en viveros de dimensiones acotadas puede realizarse sin problemas de forma manual. En viveros con altos niveles de producción, los volúmenes de sustrato a manipular se convierten en un verdadero problema, demandando gran cantidad de mano de obra para cumplir con los tiempos de producción.

A continuación se describirá como se realiza actualmente el proceso de llenado de macetas con sustrato, partiendo de la llegada de los camiones con las materias primas llegando a la maceta llena con sustrato. Se realizará una división del proceso en etapas, se enumerarán los distintos objetivos y se plantearán las soluciones para cada etapa.

2.1 Introducción al proceso de llenado de macetas con sustrato

Se realiza íntegramente de forma manual, con excepción del desaglomerado de la tierra que viene en los camiones y la mezcla de los componentes. Las instancias restante como la abertura de las bolsas de perlome, la dosificación de los distintos componentes en la mezcladora, el llenado de las macetas con el sustrato, se realiza de forma manual utilizando tijeras para abrir las bolsas, palas para manipular los distintos componentes y llenar las bolsas con sustrato, entre otras herramientas.

El proceso podría dividirse en cuatro etapas generales:

- Etapa 1: Llegada de los distintos componentes y preparación previa antes de ser mezclados para formar el sustrato.
- Etapa 2: Dosificación y transporte de estos componentes a mezcladora para formar el sustrato.
- Etapa 3: dosificación y transporte del sustrato y llenado de macetas.
- Etapa 4: Traslado de macetas llenas con sustrato hacia invernadero.

A continuación se muestra un diagrama de flujo del proceso con las cuatro etapas y el alcance de cada una. En el caso del proceso actual como se mencionó anteriormente prácticamente todas las etapas se realizan de forma manual.

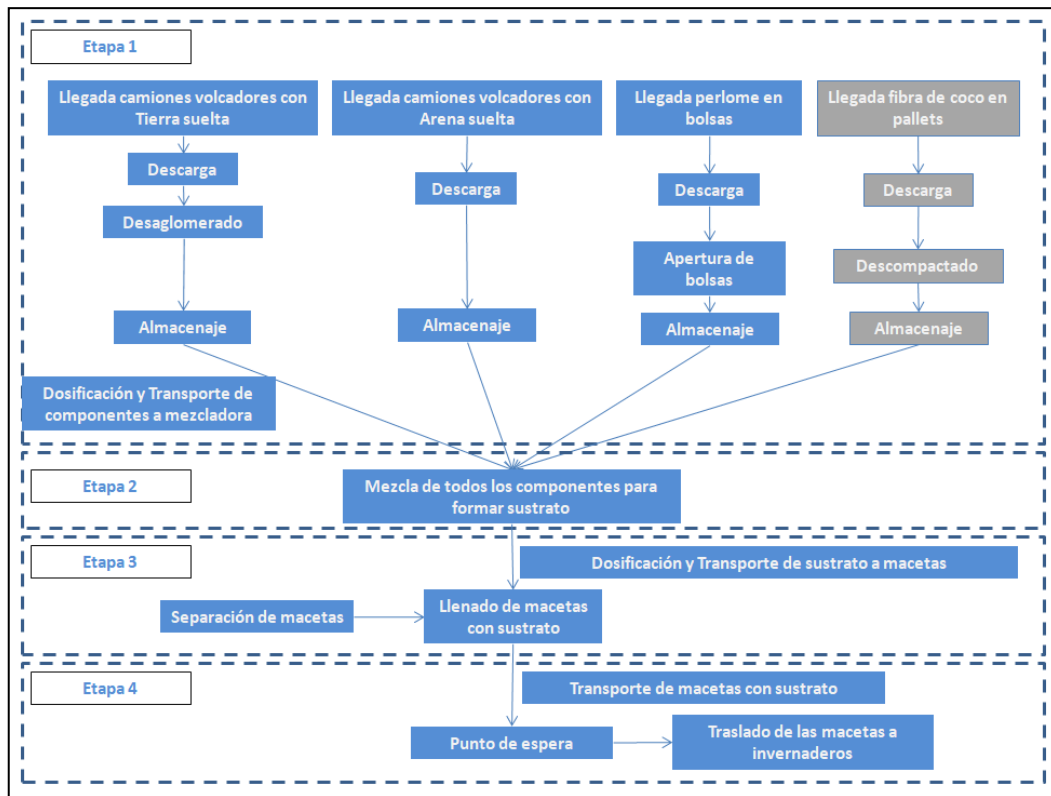


Fig 2-1 : Diagrama de flujo proceso de llenado de macetas con sustrato

2.2 Problemáticas del proceso y propuestas de mejora

Para el análisis de las distintas propuestas se explicará en detalle cada una de las 4 etapas del proceso, como se realiza actualmente y sus problemáticas, se plantearán las alternativas analizadas para optimizar cada etapa y se evaluará cada alternativa según un criterio de ponderación basados en los distintos objetivos del proyecto según corresponda.

Tabla 2-1 : Objetivos del proyecto

Objetivos	
Número	Objetivo
1	Disminuir la cantidad de mano de obra requerida para realizar la tarea de llenado de macetas con sustrato en viveros de alta producción
2	Disminuir el esfuerzo requerido por los trabajadores para realizar esta tarea (levantamiento de elementos pesados, malas posiciones de trabajo)
3	Optimizar productividad, cantidad de macetas llenadas con sustrato/por tiempo.
4	Optimizar el aprovechamiento de materia prima, disminuir perdidas (Tierra, arena, perlome y fibra de coco).
5	Dosificar materia prima utilizada para mejorar homogeneidad de la mezcla
6	Mejorar trazabilidad del proceso, se pueden conocer con mejor precisión las propiedades físicas y químicas del sustrato por lote y ver el impacto en el crecimiento de la planta
7	Instalación compacta, optimizar espacio requerido para galpón de llenado de macetas.
8	Facilidad de mantenimiento de la instalación
9	Bajo costo de instalación de proceso
10	Estandarización del proceso, ordenar / mejorar método de trabajo secuencia de tareas

Etapa 1

Proceso actual

La primera etapa consta de la llegada de las materias primas para formar el sustrato al invernadero, su almacenaje, preparación y dosificación a la mezcladora, a continuación se enumeraran los distintos componentes y se abordará cada uno de forma particular como una “subetapa” de la etapa 1.

- Tierra: Llegan 3 camiones volcadores de 5m³ con tierra y la depositan en el suelo del galpón donde se realiza el llenado de las macetas, formando un montículo de este material. Una vez que la tierra es descargada en el suelo, los operadores comienzan a verter mediante palas manualmente a una zaranda donde se desaglomera, luego la vierten formando un nuevo montículo con la tierra con el tamaño de partícula final buscado.
- Arena: Llega 1 camión volcador de 5m³ con arena y la deposita también en el suelo formando un montículo.
- Perlome: Llega en camiones en bolsas de 20 lts. Las mismas son descargadas por un autoelevador en donde se realiza el llenado de las macetas. Los operarios abren manualmente las bolsas y descargan el contenido formando pequeños montículos de este material.
- Fibra de coco: Llega en forma de pallets y son descargadas por un autoelevador en el galpón donde se realiza el llenado de macetas. Este material viene compactado, para descompactarlo requiere ser humedecido antes de ser utilizado por algunas horas.

Problemáticas proceso actual etapa 1

La manipulación de los elementos al ser 100% manual demanda gran cantidad de mano de obra siendo a su vez una tarea muy desgastante para los operarios. En el caso de la tierra y la arena, al ser descargados en el suelo no serán aprovechados del todo y estarán expuestos a contaminarse. Todos los materiales son dosificados mediante paladas a una mezcladora de cemento. La mezcla es formada por 4 paladas de tierra 1 de arena y 1 de perlita agrícola, la fibra de coco es utilizada ocasionalmente para otras mezclas. La dosificación de la mezcla mediante paladas es poco precisa y depende del criterio del operador. Esto puede llevar a problemas para conseguir las propiedades

físicas y químicas que requiere el sustrato para que la planta cuente con el medio óptimo para desarrollarse.

Propuestas etapa 1

Propuesta N° 1:

- Para la manipulación de la tierra y arena adquirir una pala excavadora que deposite estos materiales desde el piso hacia una serie de tolvas para cada material.
- En el caso de la tierra, posterior a la tolva, instalar una zaranda para prepararla previo su entrada a la mezcladora
- Para la perlita generar sistema que facilite la apertura de las bolsas.
- Luego desde las tolvas mediante una cinta transportadora, tornillo o método de transporte similar, dosificar volumétricamente los materiales hacia la mezcladora.

Propuesta N° 2:

- Para la manipulación de la tierra y arena, generar una serie de tolvas de recepción bajo nivel del suelo para que los camiones puedan descargar los materiales directamente sobre las mismas. Los demás pasos símil propuesta 1.

Para ambas alternativas se descartan mejoras en la manipulación de la fibra de coco debido a que el sustrato principal utilizado para el llenado de macetas no incluye este componente. A su vez previo a su utilización este material requiere ser humedecido para poder descompactarse.

Vale la pena nombrarlo, ya que este material puede ser dosificado de forma manual hacia la mezcladora pudiendo generar más de un tipo de sustrato.

Evaluación de las propuestas

Tabla 2-2 : Evaluación de propuestas etapa 1

Etapa 1											
Proposito		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ponderacion		2	1,5	0,8	0,5	1	0,7	0,5	1	1,5	0,5
Propuesta	N° 1	5	9	10	8	10	9	5	7	6	10
	N°2	10	10	10	9	10	9	9	8	5	10
		Final acumulado									
		75,3									
		88,8									

Para la etapa 1 se llevará a cabo la propuesta numero 2, cuya principal ventaja respecto a la propuesta 1 es que no se requiere de mano de obra para la manipulación de la tierra y la arena. A su vez se reduce el espacio requerido para la recepción de estos materiales ya que se descargarán directamente en las tolvas y no se debe dejar despejada el área para que pueda circular la pala excavadora.

Etapa 2

Proceso actual

La mezcla de los distintos componentes se realiza con una hormigonera estándar de obra de 130 lts de volumen. Luego de un determinado tiempo vuelcan la mezcla en el suelo y desde ahí comienza la etapa 3 de llenado de macetas.

Problemática proceso actual

El volumen de la hormigonera es pequeño debiendo repetirse el proceso de mezclado una gran cantidad de veces. Una vez obtenida la mezcla se arroja en el suelo dando lugar a la siguiente etapa.

Propuestas etapa 2

Hay dos métodos para realizar el proceso en general, por mezclado continuo o discontinuo.

Propuesta N°1:

Por mezclado discontinuo: el mezclador se llena con los ingredientes, y después de un cierto tiempo de mezcla, el sustrato se descarga. La alimentación de la mezcladora, el mezclado y descarga se realizan una tras otra, de forma separada, una vez que culmina una operación comienza la siguiente.

Propuesta N° 2:

Por mezclado continuo: la materia prima se alimentan continuamente en el mezclador, luego de mezclado y preparado pasan a la siguiente etapa de procesamiento. Las operaciones de alimentación, mezcla y descarga se suceden localmente pero ocurren simultáneamente.

Evaluación de las propuestas

Tabla 2-3 : Evaluación de propuestas etapa 2

Etapa 2											
Proposito		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ponderacion		2	1,5	0,8	0,5	1	0,7	0,5	1	1,5	0,5
Propuesta	N° 1	8	8	7	8	10	9	5	8	8	10
	N°2	5	6	9	8	10	9	9	6	4	10
											Final acumulado
											75,8
											66,4

La propuesta 1 que consiste en el mezclado discontinuo se adapta mejor a la necesidad del invernadero respecto a la cantidad de macetas con sustrato a llenar. Dado a que el costo de instalación y mantenimiento es menor debido al bajo grado de automatización que necesita respecto al proceso continuo. A su vez se requiere un tiempo de espera para el traslado de las macetas desde el punto de espera hasta el invernadero.

Etapa 3

Proceso actual

El llenado de macetas se realiza individualmente es decir cada operador llena una maceta a la vez utilizando palas pequeñas de 20 cm de largo. La mezcla utilizada la toman desde el piso luego de ser vertida desde la mezcladora de cemento.

Problemática proceso actual

La metodología actual requiere de mucha mano de obra al mismo tiempo que la posición adoptada por los operadores es ergonómicamente mala, generando esfuerzos que con el tiempo pueden aparejar problemas de salud.

Propuestas etapa 3

Propuesta N°1:

Automatizar completamente el llenado de macetas, mediante un mecanismo que en primer lugar separe cada maceta y luego se transporten hacia un punto de llenado que dosifique la carga de las macetas con la mezcla.

Propuesta N° 2:

Realizar la separación de macetas de forma manual, colocando las macetas sobre un molde para luego ser transportadas hacia un punto de llenado que dosifique la carga de las macetas con la mezcla.

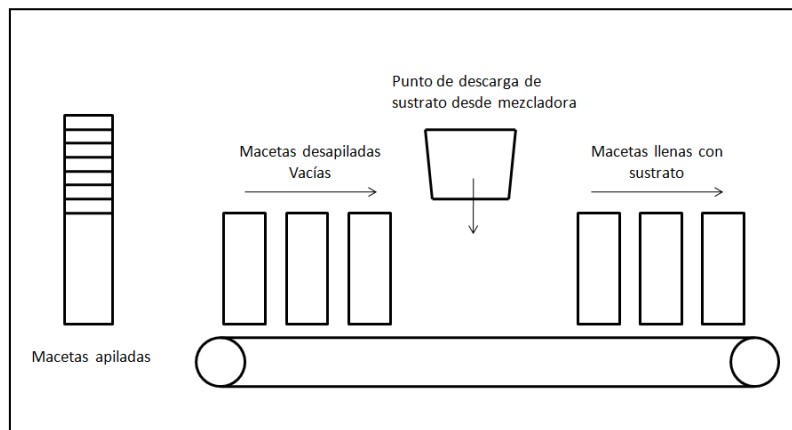


Fig 2-2 : bosquejo sistema de llenado

Evaluación propuestas

Tabla 2-4 : Evaluación de propuestas etapa 3

Etapa 3												
Propósito		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Final acumulado
Ponderación		1,5	2	0,8	0,5	1	0,7	0,5	1	1,5	0,5	
Propuesta	N° 1	9	9	9	8	10	10	6	3	3	10	75,2
	N° 2	7	8	8	8	10	10	9	8	7	10	81,9

La automatización de la separación de macetas (propuesta 1) implicaría complejizar mucho el sistema, aumentando los costos de instalación y mantenimiento. La principal ventaja de esta alternativa respecto a la separación manual es la disminución de mano de obra, sin embargo el sistema debe ser cargado con las macetas apiladas por un operario haciendo que no se pueda prescindir del todo de mano de obra. Respecto a la propuesta 2 se propone que la separación de macetas y preparación de los moldes donde quepan una cantidad de macetas cuyo peso pueda ser transportado por un operario sea realizada por 2/3 operadores donde quepan una cantidad de macetas cuyo peso pueda ser transportado por un operario y hacer el llenado de las mismas de forma simultánea, pasando por debajo de un sistema de dosificación. A su vez se deberá considerar un sistema de retorno de sustrato en el punto de llenado, para recuperar el sustrato que no ingrese a las macetas, independientemente de la propuesta seleccionada.

Etapas 4

Proceso actual

Las macetas se van llenando con sustrato y se transportan hacia un punto de espera donde luego se cargan a un tráiler de 1,5 mts de ancho por 3 mts de largo todo el proceso se realiza de forma manual. Luego un tractor transporta las macetas hacia el invernadero donde son descargadas a su posición final.

Problemática

El transporte de las macetas de forma manual hacia el punto de espera consume mucho esfuerzo a los operadores.

Propuestas etapas 4

Propuesta 1:

Una vez llenada las macetas con sustrato transportar mediante cinta transportadora hacia punto de espera.

Generar mesa de recepción para las macetas llenas para que puedan ser descargadas de forma manual o mediante auto elevador hacia el tráiler del tractor que las transportará hasta el invernadero.

Propuesta 2:

Una vez llenada las macetas con sustrato transportar mediante cinta transportadora hacia punto de espera.

Generar mesa de recepción de las macetas para que puedan ser descargadas mediante brazo robótico hacia el tractor que las transportara hasta el invernadero.

Evaluación alternativas

Tabla 2-5 : Evaluación de propuestas etapa

Etapa 4												
Propósito		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Final acumulado
Ponderación		1,5	2	0,8	0,5	1	0,7	0,5	1	1,5	0,5	
Propuesta	N° 1	6	8	8	5	5	5	10	8	8	10	72,4
	N° 2	8	10	8	5	5	5	10	3	3	10	66,9

Similar a lo que sucede en la etapa 3 la automatización de la carga de las macetas al tractor mediante un brazo robótico, lo que diferencia a estas propuestas, supone un costo muy elevado tanto de instalación como de mantenimiento del equipo.

Propuesta final

Sumando las alternativas escogidas en cada etapa se logró una solución donde los operadores podrán realizar la tarea de llenado de macetas con sustrato de manera más sencilla, demandándoles sustancialmente menos esfuerzo. A su vez se logrará una disminución considerable de la mano de obra, con esta nueva línea de producción se podrán encargar del proceso de llenado de macetas entre 2 o 3 operarios, la mitad de los 6 operarios que insume el proceso actual. Como ventajas secundarias, se tendrá una disminución en la pérdida de materias prima y un mejor control de las mezclas de sustrato a utilizar, mejorando la trazabilidad del proceso.

A continuación se muestra un diagrama de bloques de como quedará el proceso.

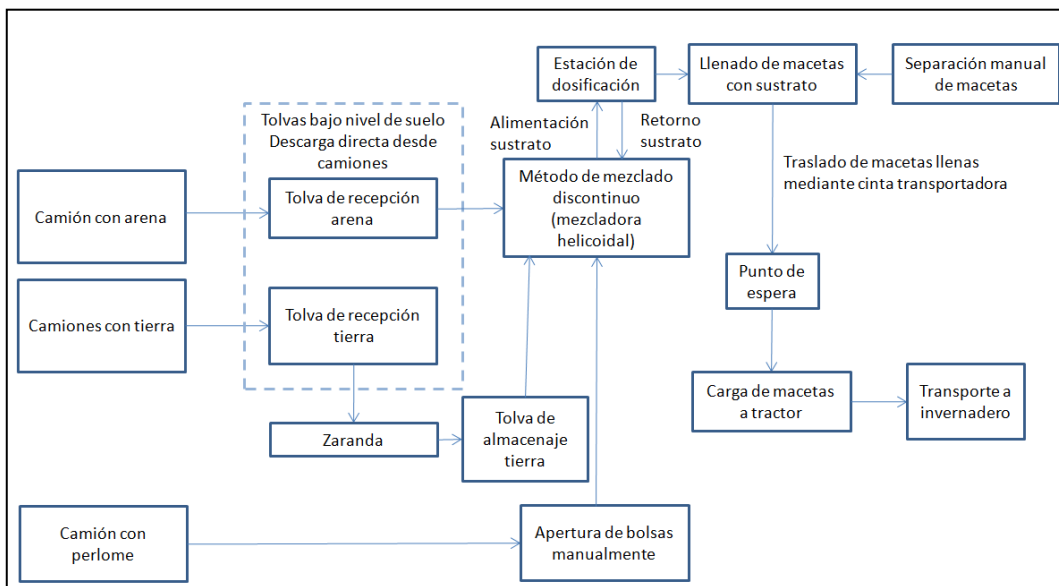


Fig 2-3 : Diagrama de flujo nuevo sistema

Debido a que el conjunto final estaría conformado por muchos equipos, se definió calcular y dimensionar todos los equipos, pero graficar en detalle solo los equipos que conforman la etapa 2 y 3, Mezclado del sustrato y llenado de las macetas.

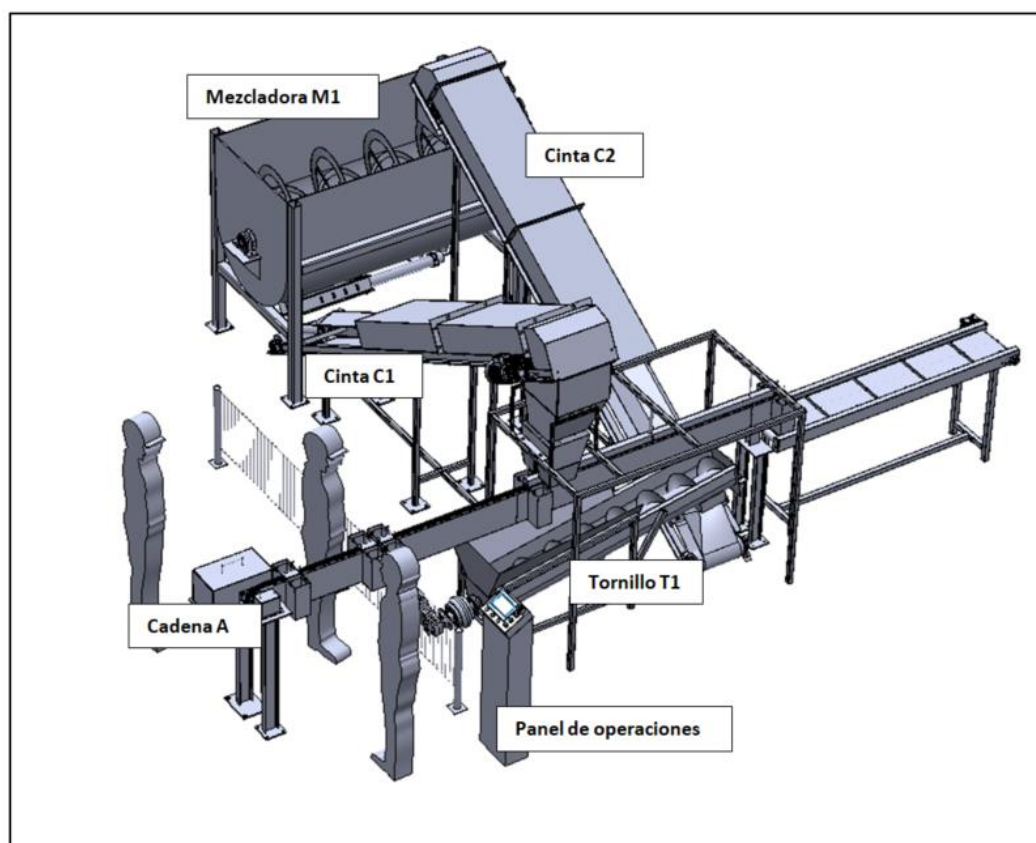


Fig 2-3 : Instalación final – Etapa 2 y 3

3. Dimensionamiento del sistema

Definida las distintas etapas del proceso actual y sus problemáticas se procederá a dimensionar y seleccionar los distintos componentes que conformaran el nuevo sistema que tendrá como eje disminuir la mano de obra y esfuerzo requeridos por los operadores para realizar este proceso.

Se realizara un análisis de tiempos requeridos por cada una de las partes que conforman el proceso, tomando de referencia que el armado de los moldes con las macetas vacias se realizara de forma manual, se dimensionaran las capacidades de los distintos equipos del sistema para que la tarea antes mencionada pueda ser realizada por 2/3 operadores y luego se procederá a definir cada uno de los elementos que lo componen con su especificaciones técnicas.

El sistema se dimensionará para poder llenar 5000 macetas por día, con el objetivo de tener un margen para futuras ampliaciones y disminuir en un día esta operación.

3.1 Condiciones y calculos iniciales - Dimensionamiento de capacidades

A continuación se realizara un análisis de los tiempos que debe llevar

- Llenar 5000 macetas con sustrato por día.
- Jornada laboral 9 hs contando 1 hs para almorzar y 1 hs descarga de camiones. Horas netas de operación: 7hs. (Los camiones llegan 2 veces por semana y se pueden realizar cambios de turno para no perder la hora requerida para almorzar)
- Tiempo normal para armado de 1 molde con 2 macetes: 30 segundos.
- Se deberá poder trasladar las macetas de manera ergonómica desde el galpón de llenado hacia los distintos invernaderos.
- Mantener modelo de maceta actual del vivero:

Altura L: 250 mm = 0,250m

Radio r : 65 mm = 0,065m

Análisis de tiempos

Las macetas a llenar con sustrato son del tipo bolsas de poliuretano , las cuales presentan un cierre especial en el fondo que les da cierta estabilidad y rigidez. Las mismas vienen acopiadas en paquetes.

El volumen a llenar por maceta:

$$Vol = L * \pi * r^2$$

$$Vol = 0,0033912m^3$$

Siendo que se tienen que llenar un total de 5000 macetas, el volumen de sustrato utilizado por jornada será de 14,5 m³.

De esta manera, los distintos componentes del sistema se deben dimensionar para poder manipular ese volumen de sustrato en el tiempo neto de trabajo, teniendo como limitante la capacidad del empleado para preparar las macetas.

- Llegada de las materias primas, almacenaje y dosificación a mezcladora.

Se asume que el tiempo de llegada y descarga de los camiones así como el llenado de las tolvas de dosificación será de 1hs, por lo que deberá adaptar la logística para poder cumplir estos tiempos. Esta tarea se realiza 2 veces por semana.

- Llegada camiones con tierra
 - Llegada camiones con arena
 - Llegada camiones con perlome
- } Descarga 8 am
- } 100 bolsas de 50 lts

Horario: 8 am – 9am provisión de materiales.

Se adoptan tiempos de dosificación y mezcla de tal forma que los operadores tengan un margen de tiempo tal para poder realizar la separación de macetas para su llenado y a su vez estas máquinas no sean grandes, de mucha potencia. La dosificación de los distintos materiales a la mezcladora se realizarán al mismo tiempo.

- Dosificación tierra a mezcladora: 2 min
 - Dosificación de arena a mezcladora: 2 min
 - Dosificación de perlome manual: 5 min
 - Tiempo de mezcla estimados: 5 – 10 min
- } Tiempo máximo 14 min
- Volumen de la mezcladora: El volumen de la mezcladora nos determinara la cantidad de tandas de mezcla y dosificación que realizará el proceso.

Volumen 1 m³: 15 tandas por día – Tiempo de mezcla y dosificación: 14min*15: 210min.

Volumen 1,5 m³: 10 tandas por día – Tiempo de mezcla y dosificación: 14 min*10: 140 min.

Volumen 2 m³: 7 tandas por día – Tiempo de mezcla y dosificación: 12*7: 84 min.

Se adopta una mezcladora de 1,5 m³ ya que una mezcladora de menores dimensiones haría que se tengan más tandas de mezcla reduciendo el tiempo de los operadores para preparar las macetas. Una mezcladora de mayores nos dará un equipo de mezcla demasiado grande para esta aplicación

Resumen

Analizando el sistema se definieron los tiempos que debe ocupar cada parte del proceso referidas a aprovisionamiento de materiales y formación del sustrato, de forma que quede un remanente de tiempo considerable en la jornada laboral para que los operadores puedan preparar las macetas.

De esta forma queda:

- Tiempo jornada laboral: 540 min
- Tiempo de descarga de camiones: 60 min
- Tiempo de dosificación y mezcla (10 tandas de 14 min): 140 min
- Tiempo de almuerzo: 60 min
- Tiempo para preparación y llenado de macetas – con descarga de camiones: 280 min
- Tiempo para preparación y llenado de macetas – sin descarga de camiones: 340 min

Tiempo jornada laboral = Tiempo de descarga camiones + Tiempo de dosificaciones-mezcla + Tiempo almuerzo + Tiempo llenado de macetas.

A continuación se realizarán los cálculos de los componentes de las etapas 1 y 2 teniendo en consideración los tiempos adoptados.

En el plano adjunto: “Diagrama de procesos” se puede ver cómo queda la distribución de los distintos componentes.

Se limitará a determinar las capacidades de cada uno de estos equipos sin entrar en el diseño en detalle de sus componentes.

3.2 Especificación equipos Etapa 1

Mecanismos referidos a la manipulación de la tierra

- **Tolva recepción tierra**

Las tolvas de recepción estarán por debajo del nivel del suelo. Sobre estas descargarán directamente los camiones. La tolva de recepción de tierra tendrá una capacidad para recibir el volumen de los camiones que traen este material, 5 m³. A su vez tendrá que poderse descargar de la misma todo el volumen de tierra en un lapso de 15 minutos, tiempo de espera aceptado para los camiones.

Como método de transporte se utilizará un tornillo sin fin con el objetivo de que no se atasque la descarga de la tolva.

Parámetros de diseño:

Volumen de tierra a almacenar: 5 [m³]

Densidad de la tierra: 1500 [kg/m³]

Ángulo de reposo: 40 [°]

Peso de tierra a descargar: 7500 [kg]

Factor de espacios vacíos: 20 [%]

Volumen tolva: 6 [m³]

Método de descarga: Tornillo sin fin.

Tiempo de descarga: 15 [min]

Capacidad de descarga tornillo sin fin: 30 [tn/h]

- **Transporte de tolva de recepción a tolva principal**

Para transportar la tierra desde la descarga del tornillo sin fin de la tolva de recepción a la tolva principal, se utilizará una cinta transportadora inclinada la cual recibirá la descarga desde el tornillo sin fin. Para ello la capacidad de esta cinta deberá ser mayor a la del tornillo sin fin para evitar atascamientos, se considera un 20% más de caudal respecto a este último equipo.

Método de transporte: Cinta transportadora.

Inclinación: 35 °

Capacidad de descarga: 40 [tn/h]

- **Zaranda**

La tierra que viene de los camiones debe pasarse por una zaranda para sacar “grumos” pedazos que vengan compactados.

- **Tolva de tierra principal**

La tolva de tierra principal recibirá la tierra tamizada proveniente de la tolva de recepción. Desde esta Tolva se dosificará la tierra a la mezcladora.

Volumen de tierra a almacenar: 10 [m³]

Densidad de la tierra: 1500 [kg/m³]

Ángulo de reposo: 40 [°]

Peso de tierra a descargar: 15000 [kg]

Factor de espacios vacíos: 20 [%]

Volumen tolva: 11 [m³]

Método de descarga: Tornillo sin fin.

Tiempo de descarga a mezcladora: 2 [min]

Capacidad de descarga: 30 [tn/h]

Mecanismos referidos a la manipulación de la arena

La manipulación de la arena será similar a la de la tierra, la misma viene suelta en camiones.

- **Tolva de recepción de arena**

La tolva de recepción estará por debajo del nivel del suelo. Sobre esta descargarán directamente los camiones. La tolva de recepción de arena tendrá una capacidad para recibir el volumen de los camiones que traen este material, 5 m³. A su vez se adopta que tendrá que poderse descargar de la misma todo el volumen de arena en un lapso de 20 minutos, para no retrasar el proceso.

Como método de transporte se utilizará un tornillo sin fin con el objetivo de que no se atasque la descarga de la tolva.

Volumen de arena a almacenar: 5 [m³]

Densidad de la arena: 1600 [kg/m³]

Ángulo de reposo: 40 [°]

Peso de arena a descargar: 8000 [kg]

Factor de espacios vacíos: 10 [%]

Volumen tolva: 6 [m³]

Método de descarga: Tornillo sin fin.

Capacidad de descarga tornillo sin fin: 24 [tn/h]

- **Transporte de tolva de recepción a tolva principal**

Para transportar la arena desde la descarga del tornillo sin fin de la tolva de recepción a la tolva principal, se utilizará una cinta transportadora inclinada la cual recibirá la descarga desde el tornillo sin fin. Para ello la capacidad de esta cinta deberá ser mayor a la del tornillo sin fin para evitar atascamientos, se considera un 20% más.

Método de transporte: Cinta transportadora.

Inclinación: 35 °

Capacidad de descarga: 35 [tn/h]

- **Tolva principal de Arena**

Previo a la mezcladora se instalará una tolva de arena que permitirá descargar el volumen total de arena recibido por semana. De esta forma tendrá la posibilidad de disminuir en un día la logística de aprovisionamiento.

Volumen de arena a almacenar: 5 [m³]

Densidad de la arena: 1600 [kg/m³]

Ángulo de reposo: [35°]

Peso de arena a descargar: 8000 [kg]

Factor de espacios vacíos: 10 [%]

Volumen tolva: 6 [m³]

Al definirse que la mezcladora será de 1,5 m³, la descarga de la tolva principal de arena a la mezcladora será de 0,3 m³ de arena. A su vez considerando que el tiempo dosificación no debe superar los 2 min nos queda lo siguiente:

Método de descarga: Tornillo sin fin.

Capacidad de descarga tornillo sin fin: 15 [tn/h]

Mecanismos referidos a la manipulación del perlome

El perlome como se fue comentando a lo largo del informe llega empaquetado en bolsas de 50 lts, al ser un material muy liviano no presenta grandes dificultades en cuanto a su manipulación por lo que se plantea que este material sea directamente descargado por los operadores a la mezcladora.

3.3.1 Diseño: Mezcladora de sustrato - M1

Para la formulación del sustrato se deberán mezclar los distintos componentes, para ellos los mismos deben ser dosificados y luego mezclados de forma que se obtenga una mezcla homogénea. El objetivo es que cada maceta sea llenada con una mezcla que tenga las mismas partes de tierra, perlome y arena según lo especificado y por lo tanto que todas tengan las mismas propiedades físicas y químicas para que las plantas puedan crecer de forma correcta. Si los distintos componentes, no se mezclan apropiadamente, luego tendremos macetas con mejores y peores condiciones para el desarrollo de nuestras plantas. Esto impactará, como vimos, en la eficiencia del cultivo y también en la trazabilidad del proceso.

Mezclado y homogeneidad

Los elementos con los que lograr un buen mezclado de sólidos particulares de diferente tamaño y densidad es de suma importancia para muchas industrias. Las partículas que pueden fluir se segregan naturalmente. Por ejemplo, en una bolsa de cereales o en el paquete de yerba, las partículas más grandes las encontramos mayoritariamente en la parte de arriba, mientras que las pequeñas migran al fondo. En el caso de las mezclas de líquidos miscibles y gases, el flujo convectivo logra un mezclado macro, mientras que los procesos dispersivos logran el mezclado a nivel micro. Consecuentemente, las mezclas de gases y líquidos si se dejan el tiempo suficiente tienden a homogeneizar la composición de la mezcla. Las mezclas sólidas nunca alcanzan tal homogeneidad porque tienden a segregarse, mientras que los líquidos y gases tienden a mezclarse.

El requerimiento de homogeneidad de la composición de una mezcla dada depende de la aplicación del sistema particulado. Por ejemplo, la composición de los medicamentos debe especificarse estrictamente para asegurar su eficacia y seguridad en su aplicación.

Consecuentemente el rango de variación de composición es prácticamente nulo. En cambio, en nuestro caso la tolerancia en el mezclado puede ser algo mayor, pero no exagerada ya que cambios abruptos en la composición de la mezcla puede conducir a un crecimiento más desacelerado de las plantas o hasta la pérdida de lotes.

La homogeneidad de la mezcla depende del equilibrio alcanzado entre los mecanismos que favorecen o dificultan el mezclado, que dependen, a su vez, del tipo de mezcladora, de las condiciones durante su funcionamiento y de la composición de la materia prima. A su vez también depende del tipo de método usado para analizar las muestras, el número de muestras analizadas, el lugar en donde se tomaron las muestras y las propiedades deseadas en la mezcla. La medida del grado de homogeneidad alcanzado en un cierto tiempo, se basa en la desviación estándar o la varianza respecto a su valor medio.

Nos centraremos en el análisis de los distintos mecanismos de mezclado de materiales sólidos.

Mecanismos de mezclado de sólidos

Se reconoce la existencia de tres mecanismos en el proceso de mezclado de sólidos:

Convección: este mecanismo se lo entiende como el traslado de grandes fracciones del sistema particulado hacia otra región del espacio donde están confinadas las mezclas (macromixing). Se logra en equipos que agitan o rotan la mezcla.

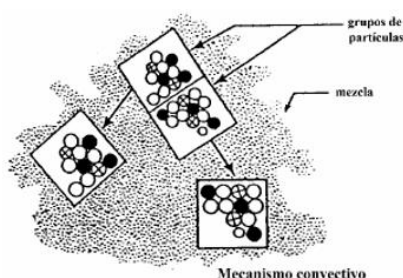


Fig 3-1: Mecanismo convectivo de mezcla de sólidos

Dispersión: a este mecanismo se lo entiende como el cambio de lugar de las partículas individuales (no molecular). La frecuencia con que las partículas cambian de lugar respecto a la de otro material está relacionado con la cantidad de partículas vecinas de este otro material. La dispersión es un efecto local (micromixing). Un mezclado de este tipo en sólidos se refiere por ejemplo al movimiento de partículas sobre superficies con una pendiente dada, sólo migran por gravedad, no hay que adicionar energía para el movimiento.

La convección aumenta el número de vecinos variados y, por lo tanto, promueve el proceso de intercambio de la mezcla dispersiva. De esta forma los distintos componentes sólidos se mezclan.

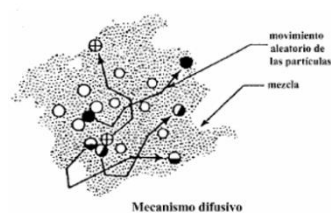


Fig 3.2: mecanismo difusivo de mezcla de sólidos

Por esfuerzos de corte: se producen planos de deslizamiento entre distintas regiones de la muestra. Por ejemplo si la mezcla es muy cohesiva, es recomendable utilizar equipos con paletas que ejerzan esfuerzos de corte a la mezcla, en lugar de mezcladores tipo rotatorios.

En los equipos de mezclas es común que todos los mecanismo en mayor y menor medida tenga lugar durante el proceso de mezclado.

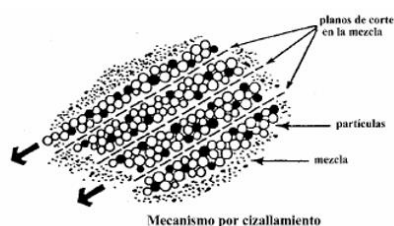


Fig 3-3: mecanismo por esfuerzo de corte de mezcla de sólidos

Principios de Mezcla: continua o discontinua

Mezcla discontinua: Se caracteriza la mezcla discontinua o por batch por el hecho de que el mezclador se llena con los ingredientes, y después de un cierto tiempo de mezcla, la mezcla se descarga. La alimentación (o llenado), las operaciones de mezclado y descarga se realizan una tras otra. El procesamiento por lotes presenta ventajas para pequeñas o medianas cantidades de material. Por sus menores costos de inversión y mayor flexibilidad. Los mezcladores se usan incluso cuando se están utilizando grandes volúmenes de material homogeneizado ya que los mezcladores continuos están limitados por su menor volumen. Sin embargo, en la gran flexibilidad del mezclador por lotes yace el peligro de que no se está utilizando de manera óptima. Por ejemplo, puede ocurrir una sobremezcla, por lo que el producto podría dañarse y la efectividad del proceso se verá afectada.

Mezcla continua: los ingredientes se alimentan continuamente en el mezclador, luego mezclado y preparado pasan a la siguiente etapa de procesamiento. Las operaciones de alimentación, mezcla y descarga se suceden localmente pero ocurren simultáneamente. En mezcla continua, el pesaje y el llenado de un mezclador por lotes se reemplazan por

los adición continua de los ingredientes. Los mezcladores continuos de alto rendimiento son compactos, una escala de volumen más pequeña proporciona rutas de mezcla cortas y facilidad de mezcla. A su vez con este método se ahorra en depósitos o silos y se automatiza el curso del proceso. La segregación puede estar limitado en un mezclador continuo por su escala requerida más pequeña. Un mezclador continuo, que debido a su construcción compacta puede ser posicionado antes de la próxima estación en la cadena de procesamiento, garantiza que una mezcla de mayor calidad estará disponible para el próximo etapa del proceso, con distancias de manejo de material más pequeñas. Algunos inconvenientes de este método son pérdidas de producto durante el arranque o el apagado y menor grado de flexibilidad que un proceso discontinuo.

Tipos de mezcladores

El número de modelos de mezcladores utilizados para mezclar materiales es amplio, debió a la infinita variedad de sustancias que pueden mezclarse, razón por la cual el mezclador adecuado va a depender del uso para el que se requiere teniendo en cuenta las características del material como densidad, tamaño, forma entre otras.

Se pueden clasificar a los mezcladores en dos grandes clases:

- Inmóviles o estáticos
- Móviles

Mezcladores móviles

Son equipos que se basan en el movimiento de la carcasa y las fuerzas de gravedad, lo que permite el volcamiento del material. La velocidad óptima de rotación va a depender del tamaño, forma del mezclado, tipo de material a mezclar entre otras propiedades. La velocidad es un parámetro importante pues si es demasiado lento el movimiento de cascada no se produce en forma adecuada, y al ser demasiado rápido el material se mantendrá en las paredes del mezclador debido a la fuerza centrífuga.

Si bien existe un componente convectivo en el mezclado, el mecanismo predominante es el dispersivo (ocurre segregación). A continuación se listan algunos ejemplo de este tipo de mezcladores.

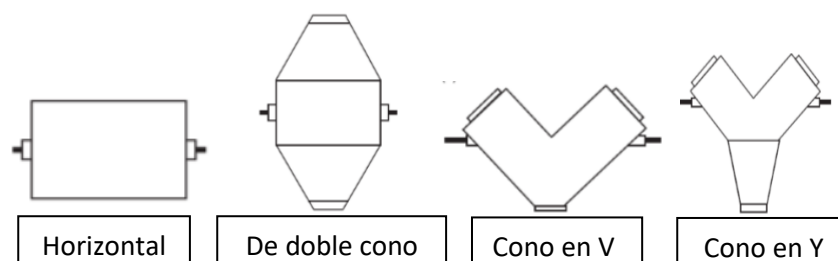


Fig 3-3: Tipos de mezcladores móviles

Este tipo de mezcladores no son recomendables cuando los materiales a mezclar son cohesivos y no son capaces de romper aglomerados.

Mezcladores estáticos

Son equipos en los cuales la carcasa permanece fija y en su interior existen varios elementos como aire, cuchillas tornillos o paletas que realizan la tarea de mezclado. Se caracterizan por proporcionar un mezclado eficiente de las partículas, con poca generación de calor.

Mezcladores convectivos: En este tipo de equipos la circulación de sólidos se logra dentro de carcasa estática en las que se disponen paletas que rotan. El mecanismo principal de mezclado es la convección, sin embargo también se produce difusión y movimiento por esfuerzos de corte. Alguno de estos equipos son la mezcladora de cintas, donde paletas helicoidales rotan dentro de un cilindro estático, mezcladores por tornillos los cuales elevan material desde el fondo y lo desplaza hacia el tope.

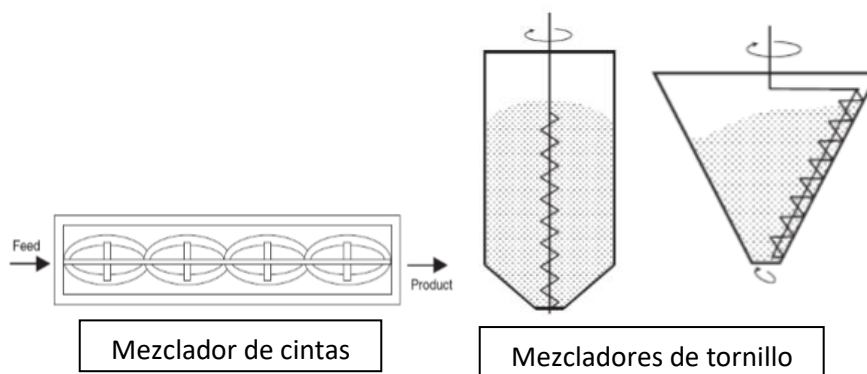


Fig 3-4: Tipos de mezcladores estáticos

Mezcladores de alto corte: Son parecidos a los rotogranuladores, en este caso el mecanismo principal de mezclado son los esfuerzos de corte generados. Son muy usados para el mezclado de polvos cohesivos.

Tipos de mezclas según su grado de homogeneidad

En la teoría de mezclado, teniendo en cuenta una mezcla binaria, de dos componentes en las cuales las partículas son de igual tamaño y mismas características, se pueden diferenciar a grandes rasgos 3 tipos distintos de mezcla. Una mezcla perfecta, la cual indica que independientemente de la región donde tomemos una muestra, encontraremos la misma cantidad de partículas (negras y blancas). La mezcla perfecta, a menos que se haga la selección manual, no es posible obtenerla en una mezcla real. Una mezcla al azar, donde se encuentran en proporción los 2 componentes. Finalmente una mezcla segregada, donde los 2 componentes no se encuentran bien mezclados y están notoriamente divididos. En nuestro caso lo que se requiere lograr una mezcla al azar y evitar tener mezclas segregadas.

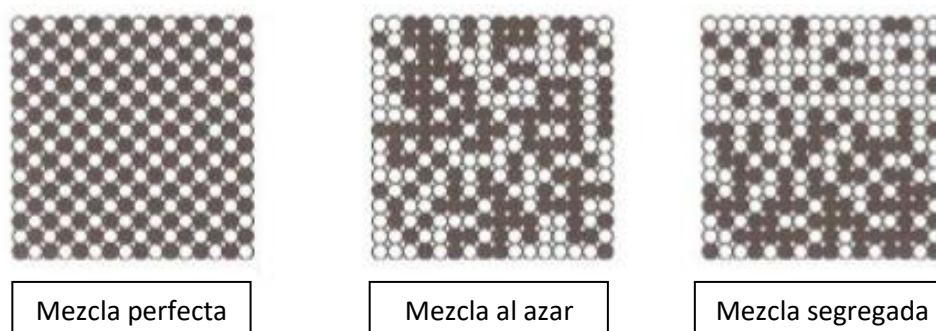


Fig 3-5: Tipos de mezclas según su grado de homogeneidad

Segregación

Las partículas que tienen iguales propiedades no se segregan. Si difieren en alguna característica el estado natural de la mezcla es ir a la segregación, la cual puede ocurrir inclusive luego de la etapa de mezclado; por ejemplo durante el transporte, almacenamiento, llenado de recipientes, etc.

Causas de la segregación

Las propiedades que favorecen la segregación son las siguientes:

- Distribución de tamaño: El tamaño es una de las principales causas de segregación. Cuanto más anchas sean las distribuciones de tamaño de partículas mayor es la segregación. Cuanto más grandes son las partículas se observa mayor segregación.
- Densidad: Las partículas muy densas se ubican preferencialmente en el centro de las pilas. Cuando se utiliza aire para el transporte o fluidización, estas partículas sedimentan con las más gruesas.
- Forma: Las partículas esféricas tienden a comportarse como sólidos gruesos, en cambio las no esféricas tienen un comportamiento similar a los finos.
- Adhesión: Si algunas partículas experimentan adhesión con las paredes de una línea de transporte, puede conducir a problemas de segregación.
- Cohesividad: Si las partículas son cohesivas, tratan de estar juntas, por lo tanto se reduce la segregación.

Mecanismos de segregación

A continuación se presentan algunos mecanismos de segregación usuales.

- Segregación por trayectoria: Las distancias recorridas por las partículas son proporcionales al tamaño de las mismas, cuanto más grandes son se descargan a mayor distancia.

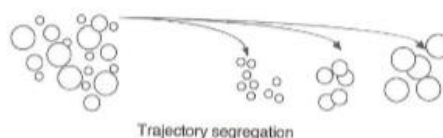


Fig 3-6: Segregación por trayectoria

- Percolación de finos: Si la mezcla vibra, las partículas más pequeñas pueden percolar entre las grandes. Por esta razón, los finos se encuentran preferencialmente en el fondo y los gruesos en el tope. También este efecto se observa en la formación de pilas los gruesos se concentran en la superficie de la pila y los finos en el centro de la misma.

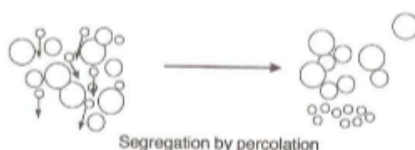


Fig 3-6: Segregación por percolación de finos

- Ascenso de partículas grandes debido a efectos de vibración: Si una mezcla es sometida a vibración, las partículas más grandes se mueven hacia arriba. Por ejemplo se coloca una bola de acero en el fondo de un lecho de arena, luego de la vibración del lecho puede observarse que la bola asciende a la superficie. Este efecto se denomina “brazil nut effect”. Si bien es muy conocido el efecto aún no se ha logrado darle una interpretación científica convincente.

Método de mezcla elegido

Se utilizará un método de mezcla discontinuo, “por batch” debido a que la separación de las macetas para el llenado será realizado por un operador lo que puede suponer pérdidas de material considerables en un caso que el operador no separe las macetas con rapidez.

El tipo de mezclador a utilizar será un mezclador de bandas. Este tipos de mezcladores son muy utilizados en las industrias de procesos para la mezcla en seco de sólidos a granel y se presentan como una solución muy simple y robusta para mezclar materiales secos que ofrecen un rendimiento de mezcla decente que es suficiente para muchas aplicaciones.

Principio de funcionamiento

Este tipo de mezcladores son del tipo convectivo. El movimiento de la mezcla es forzado por la rotación de la cinta que está haciendo circular el producto en dos direcciones: La cinta suele estar hecha en dos partes, una cinta externa hace circular el producto en 1

dirección mientras que otra cinta ubicada dentro de la misma hace girar al producto en la otra dirección. Por lo que estos dos movimientos axiales, unidos al movimiento radial que cortan al material al girar, permiten alcanzar el grado de homogeneidad requerido. El giro de la hélice debe ser de forma tal que la dirección en la que empujan las cintas exteriores sea hacia la válvula de salida del mezclador, si no es el caso, no se puede lograr una buena velocidad de descarga del mezclador.

Dimensionamiento

Según lo visto para que las plantas puedan crecer de manera correcta, se debe conseguir un sustrato con ciertas características físicas, químicas y mecánicas que se obtendrán a partir de la mezcla de los distintos materiales que conforman al sustrato. Cada componente en particular aportará distintas propiedades que los otros componentes no tienen y con esto se irán complementando uno a otro. La mezcladora tendrá como finalidad unificar los distintos componentes en una mezcla homogénea, a su vez lo debe realizar de tal forma que se puedan cumplir con los tiempos de producción requeridos. Los cálculos realizados nos dan que la mezcladora de sustrato deberá procesar lo siguiente:

- Componentes a mezclar: Tierra, arena y perlome.
- Volumen de mezcla: 1,5 m³.
- Tiempo de mezcla: 5-10 minutos.
- Capacidad de descarga: 12 tn/h (ver cinta de alimentación C1).
- Velocidad de giro: entre 20 - 30 rpm.
- Propiedades del sustrato a conseguir: Tabla 1-5

Para lograr una buena homogeneidad en la mezcla se deben tener en cuenta los parámetros que intervienen en este proceso que se nombrarán a continuación.

Consideraciones de diseño

La parte principal de las mezcladoras estacionarias, en este caso la mezcladora de bandas, es la hélice la cual se encarga de mover los distintos componentes que conforman la mezcla de forma tal que se den los mecanismos de mezcla convección, dispersión y esfuerzo de corte, entre los distintos materiales lo que generará que los mismos se integren entre sí formando una mezcla homogénea.

Como se comentó estas hélices están compuestas en esencia por 2 bandas helicoidales (tipo tornillo sin fin hueco) que trasladarán al material en direcciones opuestas. Para poder diseñar una hélice que nos garantice una mezcla homogénea de los 3 materiales que conforman el sustrato se deberían realizar distintos tipos de ensayos, pruebas y simulaciones para encontrar los valores de diámetros, pasos, velocidades y tiempo de mezcla óptimos. El ideal sería en primer lugar plantear distintos tipos de hélices, graficarlas en algún programa de diseño y realizar una simulación DEM. El método de elementos discretos (DEM), consta de métodos numéricos para calcular el movimiento y el efecto de una gran cantidad de partículas pequeñas. En la actualidad, DEM se está volviendo ampliamente aceptado como un método efectivo para abordar problemas de ingeniería en materiales granulares y discontinuos, especialmente en flujos granulares, mecánica de polvos y mecánica de rocas. Una simulación DEM se inicia generando

primero un modelo, en nuestro caso la mezcladora con su correspondiente hélice y los distintos componentes, tierra, arena y perlome, con sus respectivas propiedades y dará como resultado la orientación espacial de todas las partículas y la asignación de una velocidad inicial. Las fuerzas que actúan sobre cada partícula se calculan a partir de los datos iniciales y las leyes físicas y modelos de contacto relevantes. En general, una simulación consta de tres partes: la inicialización, el paso de tiempo explícito y el procesamiento posterior. Con esto se podrá predecir la posición de las distintas partículas.

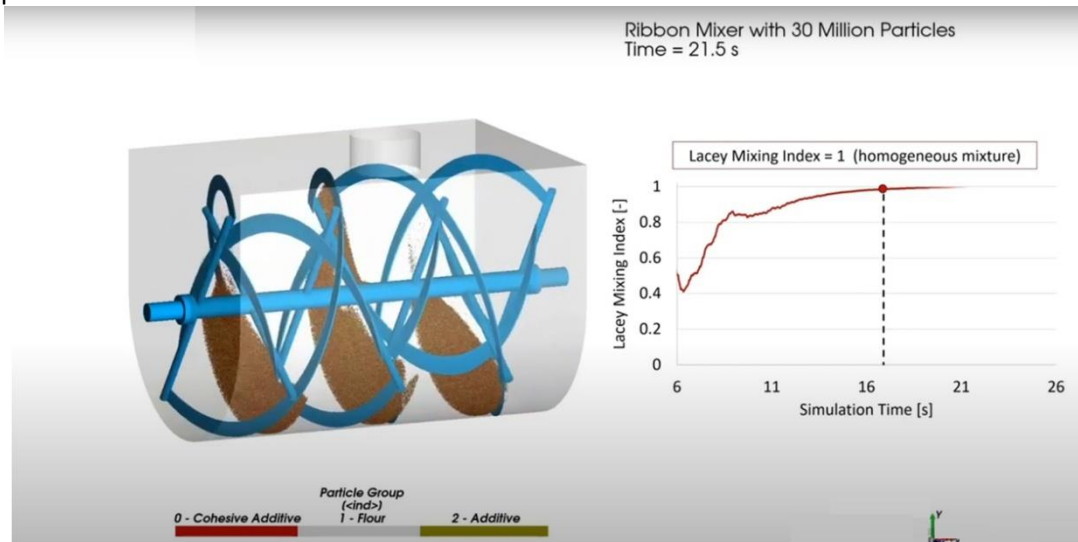


Fig 3-7: Simulación DEM

Al mismo tiempo que se realiza la simulación DEM, se debería realizar una simulación por elementos finitos para verificar los esfuerzos a los que estará sometido la hélice y validar sus características constructivas (diámetros, espesores, materiales).

Una vez que se hayan realizado las distintas simulaciones, se sacaran conclusiones para predecir cual podrá ser la hélice que mejor realizara la mezcla. Con las simulaciones se podrá limitar la cantidad de prototipos a fabricar, generando ahorros económicos en el proceso de diseño. Se procederá a fabricar un prototipo con la hélice seleccionada y se comenzaran a realizar pruebas reales de performance. En las pruebas se deberán ensayar las mezclas obtenidas, se deberán llenar macetas con mezcla que se encuentre en distintas partes del volumen total del sustrato producido y verificar sus propiedades físicas y químicas mediante los métodos comentados. Una vez que se constate que la mezcla de sustrato es lo suficientemente homogénea, viendo que todas o la mayor parte de las macetas llenadas cuentan con propiedades físicas y químicas que se encuentran en el rango de los valores óptimos y a su vez esto se realice en un tiempo que se adapte a lo requerido en el proceso. Se validará el diseño y se procederá a fabricar la máquina final.

Se comento como se procedería si se contara con los recursos y tiempo para poder diseñar la mezcladora al detalle. A partir de esto se procederá a diseñar y graficar la maquina mezcladora teniendo en cuenta diversas características particulares de este tipo de máquina. Se asumirán valores de diámetros, ángulos, etc que hacen al diseño en

particular de la hélice, sabiendo que estos valores se pueden optimizar siguiendo el paso a paso antes comentado. A continuación se comentan algunas características y buenas prácticas genéricas de estas máquinas que también se tendrán en cuenta en el diseño.

- Tamaño del lote: 70-80% del volumen total del mezclador. Visualmente, la parte superior de las hojas debe estar ligeramente por encima del nivel del producto, y siempre debe haber algo de espacio para la cabeza hasta la cubierta superior de no ser así esto disminuye considerablemente su rendimiento. A su vez no se debe llenar de menos, el nivel de polvo debe llegar a la cinta interior para poder moverlo y, por lo tanto, mezclarlo.

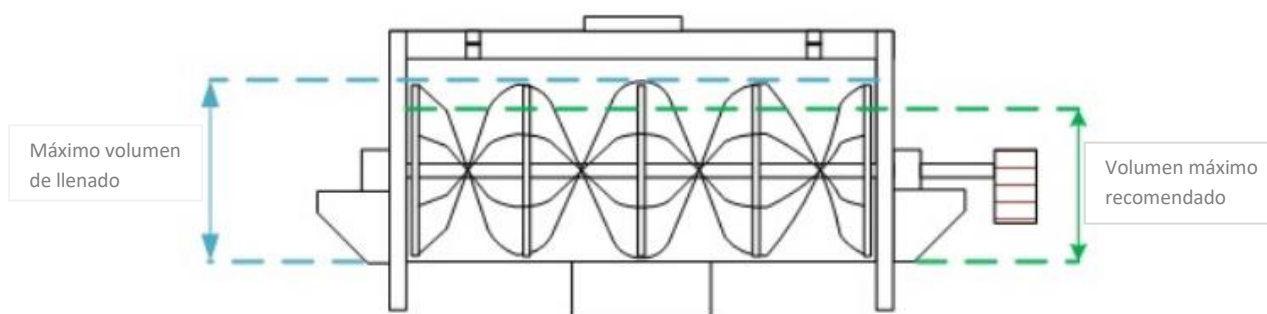


Fig 3-8: Bosquejo mezcladora helicoidal

- Velocidad de mezcla: la velocidad de mezcla típica para licuadoras de tamaño medio (500 – 2000 l) es de alrededor de 30 - 50 rpm.

La velocidad de mezcla impactará en el tiempo de mezcla. Una mezcla óptima requiere de algunas pruebas que se pueden realizar a una velocidad mayor o menor para verificar la influencia en la calidad de la mezcla y las propiedades del producto, en general, una velocidad más baja requerirá un tiempo de mezcla más largo, pero el producto puede dañarse menos.

- Tiempo de mezcla

De este parámetro depende la homogeneidad de la mezcla, la homogeneidad no aumenta indefinidamente con el tiempo, sino que existe un tiempo de mezclado óptimo. Eso se debe a que durante el proceso de mezcla compiten mecanismos de mezclado y desmezclado o segregación de los componentes.

- Sentido de giro de la hélice.

El sentido de giro de la hélice debe ser de forma tal que la banda de mayor diámetro traslade al material en dirección a la boca de descarga.

- Carga del mezclador

Los procedimientos de incorporación de componentes o materias primas, comienzan con la carga del componente principal en el contenedor de la máquina mezcladora, seguido por los ingredientes secundarios, que deben colocarse en el centro o dividirse

en partes iguales y colocarse a ambos lados del mezclador, la recomendación general es realizar adiciones de material antes de encender el agitador de cinta.

Condiciones y cálculos iniciales

- Volumen de mezcla: 1,5 m³
- Material a procesar: Sustrato densidad: 1500 kg/m³
- Tiempo de mezcla: 5-10 min
- Velocidad de giro: 20-30 rpm

Para dimensionar la mezcladora se deberá tener en consideración 2 partes principales del equipo. Se deberán definir de forma conjunta las dimensiones de la cuba o tolva y las dimensiones del eje principal que conforma la parte motriz.

La cuba deberá tener que alojar obviamente todo el volumen del sustrato que se requiere mezclar al mismo tiempo que debe tener una sección superior tal que permita la carga de los distintos componentes que conforman el sustrato y la carga proveniente de la cinta del sistema de retorno. El diámetro de la hélice externa del eje principal condicionara en principio el ancho de la cuba y de esta forma el largo y el volumen de la misma.

A partir de esto se determina que el diámetro externo de la hélice debe ser de 1mts, de esta forma se encuentra una solución compromiso obteniendo un área superior tal que permite la descarga de los distintos componentes y se tiene un eje con dimensiones de largo y ancho acotadas, que optimizan el espacio.

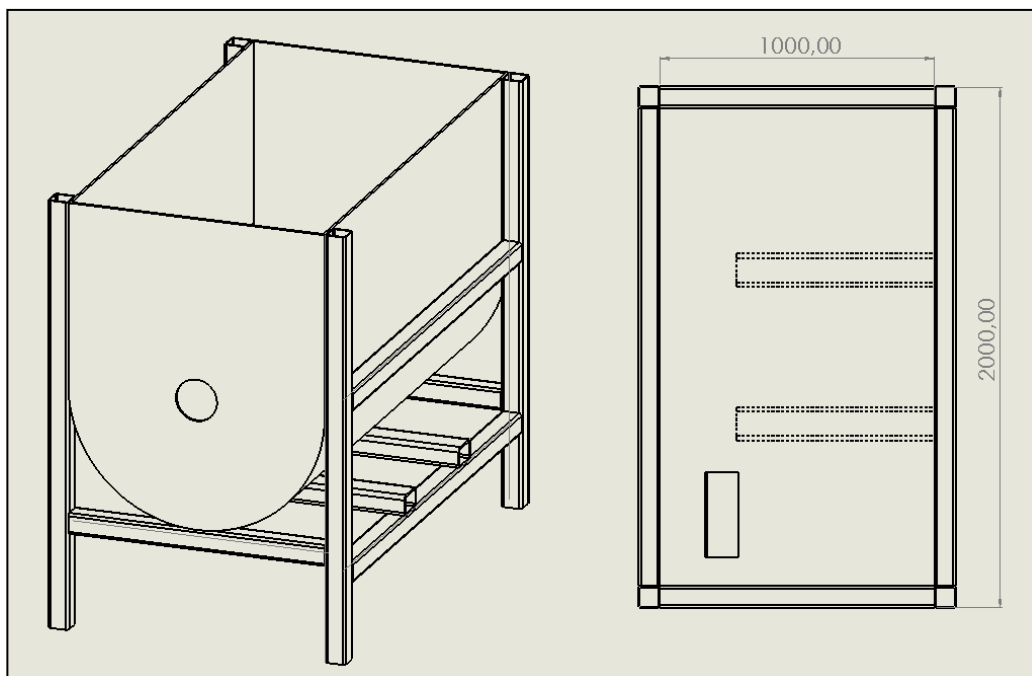


Fig 3-9: Cuba mezcladora helicoidal

Diseño Eje principal

Como se comento anteriormente el eje estará formado por 2 bandas helicoidales que trasladarán el material en sentidos opuestos. Esta pieza en su diseño es bastante particular, pero comparte muchas características propias de los transportadores a tornillos por lo que tomaremos de referencia la norma CEMA n°350 "Screw conveyors for bulk materials" para guiarnos en el diseño.

Se comenzará por realizar distintos bosquejos para determinar la geometría general de las hélices hasta llegar a un modelo que nos permita intuir que el mezclado se realizara de forma correcta. Para que pueda lograrse el mezclado de los componentes el sustrato deberá tener que fluir entre las hélices, esto favorecerá a que se produzcan los distintos mecanismos de mezclado de sólidos.

Tomando de referencia que el diámetro de la banda externa deberá ser de 1 mts y que el largo de la mezcladora será de 2 mts, se plantaron distintas combinaciones entre pasos de la hélice externa, diámetros y pasos de la hélice interna.

Constructivamente el eje puede descomponerse en 4 partes:

- Hélice de mayor diámetro
- Hélice de menor diámetro
- Eje central
- Planchuelas de unión Hélices-Eje central

Luego de realizar varios bosquejos se llegó al siguiente modelo:

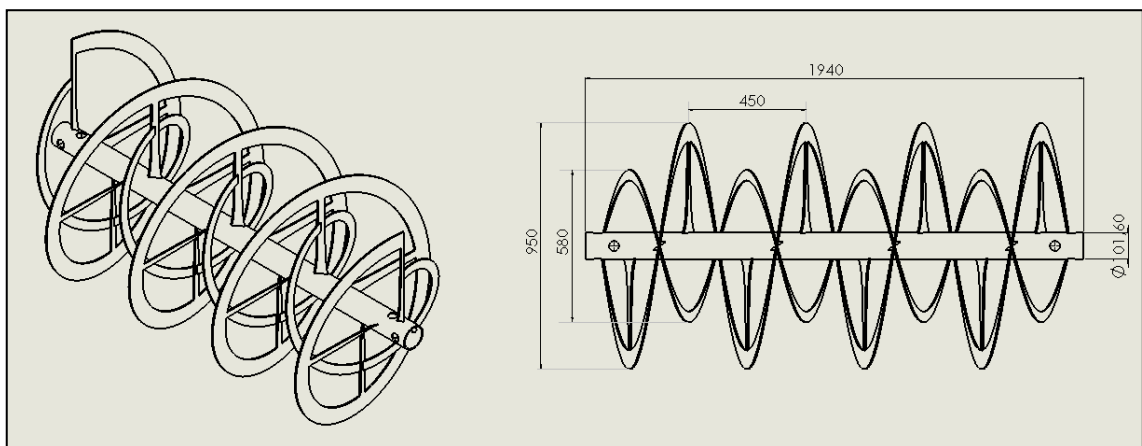


Fig 3-10: Eje mezcladora helicoidal

Se considera para la hélice de mayor diámetro 950mm y para la hélice de menor diámetro de 580mm. A su vez se determina un paso de 450mm para ambas hélices. Con esto se puede observar que el material tendrá el suficiente espacio para fluir y a su vez estará bien en contacto con ambas hélices favoreciendo los mecanismos de mezclado. Para que las hélices tengan una buena vinculación con el eje central, se consideró que el

eje tenga un diámetro de 4 pulgadas, con esto se tendrá una buena superficie de contacto para soldar las planchuelas de unión hélices-eje central.

Cálculo de potencia

Se procede a calcular la potencia requerida por la mezcladora. Se tomará de referencia el cálculo de potencia para los tornillos, considerando el diámetro de la hélice de mayor diámetro. La potencia viene dada por la siguiente fórmula, la cual es la suma de la potencia requerida para mover el eje en vacío y la potencia para arrastrar el material

$$N = (N_f + N_m) * F_0 \quad (3.1)$$

Potencia Consumida en vacío N_f

La potencia que consumirá sin carga el sistema de transporte está dada por la siguiente ecuación:

$$N_f = \frac{(L * \mu * F_d * F_b)}{408684} \quad (3.2)$$

Potencia consumida en vacío N_f [kw]

L -Largo [m] = 2

μ - Velocidad de giro [rpm] = 50

Los siguientes son factores a considerar teniendo en cuenta el diámetro del transportador y el tipo de cojinete seleccionado.

F_d - Factor de diámetro del transportador = 540

Screw Diameter (in)	F_d
18	135
20	165
24	235
30	365
36	540

F_b - Factor de tipo de cojinete = 1

Component Group	Bearing Type	F_b
Group A	Ball	1.0
Group B	Babbitt Bronze Graphite bronze * Canvas base phenolic * Oil impregnated bronze * Oil impregnated wood *	1.7
Group C	Plastic * Nylon * PTFE*	2.0
Group D	Chilled hard iron * Hardened alloy sleeve *	4.4

$$N_f = \frac{2 * 50 * 540 * 1}{408684}$$

$$N_f = 0,26 \text{ kw}$$

Potencia consumida para arrastrar el material N_m

La potencia consumida para arrastrar al material está dada por la siguiente ecuación:

$$N_m = \frac{(Q * L * F_f * F_p * F_m)}{185,4} \quad (3.3)$$

N_m - Potencia para arrastrar al material [kw]

Q – Caudal másico [tn/h]

L – Largo [m]

F_f – factor de tipo de hélice

Tipo de Helicoidal	F_f Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doblez	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

F_p – Factor de paleta

Factor de Paleta, F_p					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — F_p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

F_m – Factor de material = 1

Habiendo definido el diámetro de la hélice se puede estimar el caudal másicos.

De tabla se desprende la capacidad para 1 rpm y las velocidades máximas que puede girar la hélice para este tipo de material.

Material Class Code	Degree of Trough Loading	Screw Dia. (in)	Maximum RPM*	Capacity, ft ³ /hr	
				At Max. RPM	At One RPM
A-15	 45%	6	165	368	2.23
A-25		9	155	1,270	8.2
B-15		12	145	2,820	19.4
B-25		14	140	4,370	31.2
C-15		16	130	6,060	46.7
C-25		18	120	8,120	67.6
		20	110	10,300	93.7
		24	100	16,400	164.0
		30	90	28,795	320.0
		36	75	41,490	553.2

Para el diámetro especificado a 1 rpm el transportador tendrá una capacidad de 553,2 ft³/h lo que equivale a 15,65 m³/h. Teniendo en cuenta la densidad del sustrato queda:

Q – Caudal másico [tn/h] = 23,475 , para una velocidad de giro de 1 rpm.

Se propone que la mezcladora funcione con un variador de velocidad para tener la posibilidad de regular la velocidad de mezcla y que por cuestiones de diseño la velocidad

de mezcla no puede superar las 30 rpm, se calculará el caudal másico para esta velocidad de giro.

Q – Caudal másico [tn/h] = 703,5 para una velocidad de giro de 30 rpm.

Quedando:

$$Nm = \frac{(703,5 * 2 * 1,2 * 1 * 1)}{185,4}$$

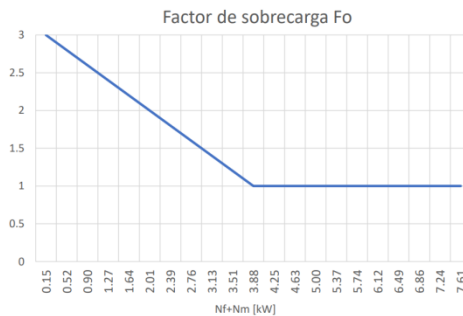
$$Nm = 9,2 \text{ kw}$$

Factor de sobre carga F0

Este coeficiente se estima con la tabla a continuación:

$$Nf [\text{kw}] + Nm[\text{kw}] = 9,2 + 0,26 = 9,46 \text{ kw}$$

Quedando F0 = 1



Ya estamos en condiciones de calcular la potencia requerida por la mezcladora

$$N [\text{kw}] = (Nf[\text{kw}] + Nm[\text{kw}]) * F0$$

$$N = (0,26 + 9,2) * 1$$

$$N = 9,46 \text{ kw}$$

Teniendo en cuenta que se considero la hélice de mayor diámetro para realizar los cálculos y la velocidad de giro máxima, esta potencia será mayor que la requerida por lo que no se aplicara ningún coeficiente de pérdida de eficiencia en la transmisión.

Verificación eje principal y acoplamientos

A continuación se procederá a verificar el eje y los acoples (eje falso).

Potencia requerida: 10 kw = 10000 nm/s

Velocidad de giro: 30 rpm = 3,14 rad/s

$$\text{Esto nos da un torque de: } \text{Torque} = \frac{\text{Potencia requerida}}{\text{Velocidad de giro}} = \frac{10000 \frac{\text{nm}}{\text{s}}}{3,14 \text{ rad/s}} = 3184 \text{ nm} = 28180,4 \text{ in-lbs}$$

Los datos de la tabla están dados para un tubo de Sch.40. Con esto verificamos por norma que para un tubo de 4" Sch el torque resistente será de 43000 in-lbs, mucho mayor a los 28180 in-lbs al que estará solicitado el eje de la mezcladora.

Shaft Dia. (in)	Pipe		Couplings		Dia. (in)	Bolts					
	Size (in)	Torque (in-lbs)	Torque (in-lbs)			Bolts in Shear T_1 (in-lbs)			Bolts in Bearing T_2 (in-lbs)		
			C-1018	C-1045		No. Of Bolts Used			No. Of Bolts Used		
		T_3	T_4	T_5		1	2	3	1	2	3
1	1-1/4	3,140	820	1,025	3/8	690	1,380	2,070	985	1,970	2,955
1-1/2	2	7,500	3,070	3,850	1/2	1,830	3,660	5,490	2,500	5,000	7,500
2	2-1/2	14,250	7,600	9,500	5/8	3,800	7,600	11,400	3,930	7,860	11,790
2-7/16	3	23,100	15,030	18,780	5/8	4,635	9,270	13,900	5,820	11,640	17,460
3	3-1/2	32,100	28,350	35,440	3/4	8,200	16,400	24,600	7,770	15,540	23,310
3	4	43,000	28,350	35,440	3/4	8,200	16,400	24,600	12,500	25,000	37,500
3-7/16	4	43,000	42,470	53,080	7/8	12,800	25,600	38,400	10,900	21,800	32,700
3-15/16	5	65,100	61,190	76,485	1-1/8	24,270	48,540	72,810	26,060	52,120	78,180
4-7/16	6	101,160	88,212	110,265	1-1/4	33,760	67,520	101,280	45,375	90,750	136,125

Selección de componentes

Motor eléctrico

Se seleccionará un motor eléctrico de alta eficiencia de la marca WEG de 9,2 kw. Se selecciona un motor algo más chico que la potencia calculada a sabiendas de que el cálculo fue bastante conservador.

- 9,2 kw de potencia
- 4 polos
- 1500 rpm

W22 - High Efficiency - 50 Hz

Exceeds IE2 ⁽¹⁾ - EFF1 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/In	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kg·m²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	380 V								Corriente nominal In (A)
								Caliente	Frio			RPM	% de la potencia nominal							
													Rendimiento			Factor de potencia				
kW	HP											50	75	100	50	75	100			
IV Polos - 1500 rpm - 50 Hz																				
0,12	0,16	63	0,830	3,9	1,8	2,0	0,00039	51	112	5,7	44	1360	56,8	58,7	58,4	0,58	0,71	0,80	0,390	
0,18	0,25	63	1,25	4,3	2,2	2,2	0,00055	40	88	7,2	44	1360	60,4	61,3	60,1	0,59	0,72	0,81	0,562	
0,25	0,33	71	1,76	4,0	2,1	2,2	0,00055	68	150	7,0	43	1340	64,1	66,1	65,0	0,58	0,71	0,79	0,740	
0,37	0,5	71	2,59	4,2	2,5	2,5	0,00066	48	106	8,0	43	1345	66,9	68,5	67,4	0,55	0,68	0,77	1,08	
0,55	0,75	80	3,73	5,8	2,4	2,8	0,0022	18	40	10,5	44	1400	76,5	76,7	75,7	0,66	0,78	0,85	1,30	
0,75	1	80	5,08	6,0	2,6	2,9	0,0029	15	33	13,5	44	1400	80,1	79,6	78,9	0,68	0,80	0,86	1,68	
1,1	1,5	90S	7,30	6,5	1,9	2,6	0,0049	14	31	19,0	49	1432	81,9	81,8	81,5	0,67	0,78	0,83	2,47	
1,5	2	90L	9,95	6,3	2,0	2,8	0,0055	10	22	22,0	49	1430	82,8	83,2	82,4	0,63	0,77	0,83	3,33	
2,2	3	100L	14,8	6,6	3,1	3,2	0,0082	16	35	30,5	53	1415	84,5	84,3	83,5	0,68	0,79	0,83	4,82	
3	4	100L	20,2	6,5	3,2	3,3	0,0097	14	31	33,0	53	1410	85,6	85,4	84,8	0,68	0,79	0,84	6,40	
4	5,5	112M	26,5	6,1	2,0	2,6	0,0156	13	29	42,0	56	1435	86,5	86,6	86,6	0,69	0,80	0,84	8,41	
5,5	7,5	132S	36,0	7,3	1,9	3,0	0,0416	10	22	63,0	56	1455	88,6	88,0	87,4	0,74	0,84	0,88	10,9	
7,5	10	132M	49,3	7,2	2,0	3,0	0,0528	8	18	72,0	56	1450	89,0	88,7	88,7	0,75	0,83	0,87	14,9	
9,2	12,5	160M	60,0	6,0	2,0	2,6	0,0803	13	29	96,0	61	1460	89,0	89,5	88,7	0,70	0,80	0,85	18,5	
11	15	160M	71,5	6,4	2,3	2,8	0,1004	10	22	105	61	1465	89,5	90,2	89,8	0,69	0,79	0,85	21,9	
15	20	160L	97,8	6,2	2,3	2,8	0,1154	10	22	125	61	1460	91,0	90,9	90,6	0,70	0,79	0,85	29,6	

Reductor de velocidad

La hélice deberá girar a 30 rpm. Por lo que la relación de reducción será de:

$$i = \frac{1500 \text{ rpm}}{30 \text{ rpm}}$$

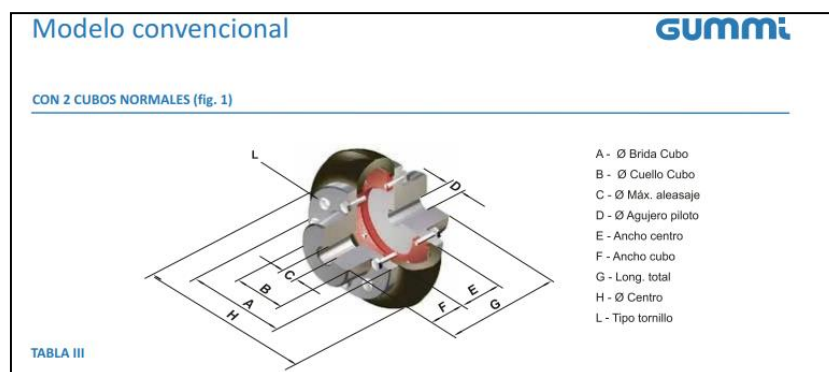
$$i = 50$$

Se seleccionará una caja de reducción de ejes paralelos de la marca Siti modelo HL60

	NHL50		NHL60		NHL70		NHL90		NHL100	
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
n_i	Albero entrada / Input shaft / Antriebswelle / Arbre entrée / Eje de entrada / Eixo entrada									
1400	300	1500	460	2300	520	2600	900	4500	1100	5500
n_e	Albero uscita / Output shaft / Abtriebswelle / Arbre sortie / Eje de salida / Eixo saída									
700	600	3000	1800	9000	2000	10000	3000	15000	5000	25000
500	600	3000	1800	9000	2000	10000	3000	15000	5000	25000
300	1000	5000	1800	9000	2000	10000	3000	15000	4800	24000
250	1200	6000	2100	10500	2600	13000	3200	16000	4800	24000
200	1400	7000	2400	12000	3200	16000	3600	18000	5400	27000
150	1700	8500	2800	14000	3600	18000	3600	18000	6000	30000
100	2000	10000	3000	15000	4000	20000	4600	23000	7200	36000
80	2000	10000	3200	16000	4000	20000	4600	23000	8200	41000
70	2400	12000	3400	17000	5000	25000	5400	27000	9000	45000
50	2800	14000	3600	18000	5000	25000	5400	27000	10000	50000
30	3000	15000	4400	22000	5800	29000	6400	32000	10400	52000

Acoplamiento

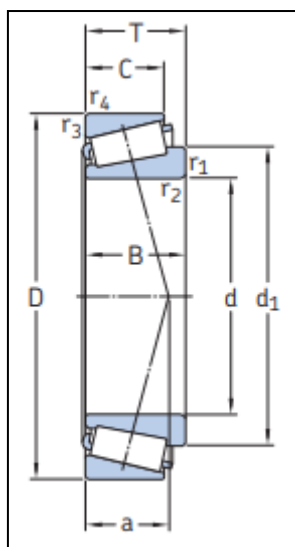
Se utilizarán acoples elásticos de la marca Gummi para unir los ejes del reductor y el eje principal por su facilidad de acople y la posibilidad de que exista cierta excentricidad entre los ejes. Los ejes tienen los siguientes diámetros, 3" y 2" Las características de acoplamiento son las siguientes:



ACOPLE CON CUBO NORMAL														BULONES	
MODELO	Torq. Nom. Nm	Angulo Torsión (°)	(1) Peso (Kg.)	Gd2 (Kg m2)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	Nr.	L- Cab. hex.	
A-20	38	2º	1.05	0.0017	74	36	20	10	30	25	80	95	12	1/4 x 1/4	
A-25	56	5º	1.09	0.0018	74	36	23	10	30	25	80	95	12	1/4 x 1/4	
A-30	82	2º	2.40	0.0094	96	49	30	10	40	35	110	127	16	1/2 x 1/2	
A-35	113	4º	2.65	0.0098	96	49	32	10	40	35	110	127	16	1/2 x 1/2	
A-45	250	3º	5.00	0.0382	127	70	40	15	50	45	140	167	20	3/8 x 1	
A-50	420	6º	5.32	0.0402	127	70	46	15	50	45	140	167	20	3/8 x 1	
A-60	620	5º	12.50	0.1065	169	100	55	25	65	60	185	224	24	1/2 x 1 1/4	
A-70	1170	9º	13.30	0.1593	169	100	65	25	65	60	185	224	24	1/2 x 1 1/4	
A-80	1550	5º	24.90	0.594	218	116	75	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 1/4	
A-90	2170	6º	26.00	0.639	218	116	85	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 1/4	
A-95	2380	4º	34.90	0.912	235	138	90	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 1/4	
A-105	3130	8º	44.00	0.982	235	138	100	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 1/4	
A-120/120	4940	5º	86.00	3.80	297	195	120	45	120	130	380	403	20	1/2 x 2 1/4	
A-140/140	8500	9º	94.00	3.82	297	195	140	45	120	130	380	403	20	1/2 x 2 1/4	
A-155/155	9750	6º	126.00	5.76	350	220	155	50	140	150	440	470	28	1/2 x 2 1/4	
A-165/165	12200	10º	135.00	5.85	350	220	165	50	140	150	440	470	28	1/2 x 2 1/4	
A-170/70	14630	7º	170.20	12.22	436	150	70	30	185	80	345	550	24	3/4 x 2 1/4	
A-170/130			211.80	13.75		236	130	70		130	445				
A-170/170			242.80	17.65		276	170	120		180	545				
A-200/90			192.60	13.30		186	90	40		100	385				
A-200/140	25190	11º	202.40	13.75	436	200	140	70	185	130	445	550	24	1/4 x 2 1/4	
A-200/200			276.80	19.20		276	200	120		180	545				
A-240/150	43060	4º	364.70	51.50	535	225	150	100	236	160	556	740	60	3/4 x 3 1/2	
A-240/200			447.40	55.35		290	200	100		180	596				
A-240/240			633.60	84.50		390	240	100		275	786				
A-300/150			370.00	50.70		225	150	110		160	556				
A-300/200	86120	10º	450.00	54.50	535	290	200	100	236	200	636	740	60	1/4 x 3 1/2	
A-300/250			640.00	69.40		350	250	100		275	786				
A-300/300			695.00	83.70		390	300	100		275	786				

Rodamientos

Se seleccionarán rodamientos de rodillo cónico de la marca SKF los cuales pueden soportar carga axial y radial.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P_u	Velocidades nominales		Masa	Designación	Serie
d	D	T	dinámica C	estática C_0		Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm/pulg.			kN		kN	r. p. m.		kg	—	—
66,675 2.625	112,712	30,162	142	204	23,6	4 300	6 300	1,15	39590/39520/Q	39500
	4.4375	1.1875								
	112,712	30,162	123	183	21,2	4 300	6 300	1,15	3984/2/3920/2/Q	3900
	4.4375	1.1875								
	119,985	32,75	142	204	23,6	4 300	6 300	1,2	39590/39528/Q	39500
69,85 2.75	4.7238	1.2894								
	135,755	53,975	286	400	45,5	3 800	5 600	3,65	6386/K-6320/Q	6300
	5.3447	2.125								
	120	32,545	154	228	26,5	4 000	6 000	1,5	47487/47420 A/Q	47400
	4.7244	1.2813								
73,025 2.875	127	36,512	176	255	29	3 800	5 600	1,9	566/563/Q	565
	5	1.4375								
	127	36,512	176	255	30,5	3 800	5 600	1,8	567/563	565
	5	1.4375								
	109,538	19,05	58,3	102	11	4 000	6 000	0,6	L 814749/710/QCL7C	L 814700
76,2 3	4.3125	0.75								
	127	30,163	138	204	24	3 800	5 300	1,45	42687/42620	42600
	5	1.1875								
	133,35	33,338	165	260	30	3 400	5 000	1,95	47678/47620/Q	47600
	5.25	1.3125								
77,788 3.0625	139,992	36,512	187	280	32,5	3 400	5 000	2,45	575/572/Q	575
	5.5115	1.4375								
	161,925	49,212	260	335	38	2 800	4 000	4,4	9285/9220/CL7C	9200
	6.375	1.9375								
	127	30,163	138	204	24	3 800	5 300	1,45	42690/42620	42600
	5	1.1875								

3.3.2 Diseño: Cinta transportadora llenado de macetas - C1

A continuación se procederá a dimensionar la cinta que transportara el sustrato desde la descarga de la mezcladora hasta el punto de llenado de las macetas vacías. Para el dimensionamiento se tomaron de referencia el catalogo de la marca Pirelli para la selección de la banda y potencia de los equipos y para la selección de los rodillos y tambor motriz se tomo de referencia catalogo de la marca Rotrans.

La capacidad de la cinta estará dada tomando como referencia que para lograr un correcto llenado de las macetas el sustrato debe caer a modo de “lluvia” sobre las macetas vacías al mismo tiempo que se logre suministrar un volumen tal que alcance cumplir con la producción requerida. Para esto se tiene que tener en cuenta la velocidad de avance de las macetas sobre la cinta de transporte de macetas vacías.

Los operadores tendrán la posibilidad de habilitar y deshabilitar el funcionamiento del sistema de llenado con el objetivo de tener tiempo suficiente para armar los moldes y a su vez se no se gaste energía de forma innecesaria. Todo esto limita al tiempo que tendrá la cinta para suministrar el sustrato en los tiempos establecidos

Condiciones y cálculos iniciales

- Capacidad: 12 tn/h
- Largo: 3,7 m
- Inclinación: 30°
- Material: Sustrato densidad: 1500 kg/m³

Selección banda

Ancho de banda: 400mm

Velocidad adoptada: 0,5 m/s

A continuación se describe el paso a paso para seleccionar el ancho de banda según manual de pirelli.

Se considera un promedio entre los distintos tipos de tierras ya que este es el material que predomina la mezcla.

Angulo de reposo o natural: 40°

Angulo de sobrecarga dinámica: 30° (ángulo con la cinta en movimiento)

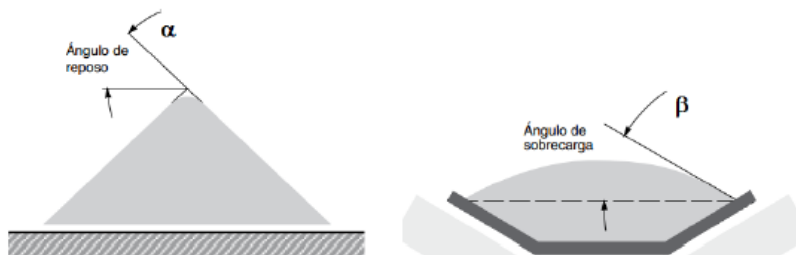


TABLA 2 (continuación)

Peso específico aparente, abrasividad, ángulo de reposo y ángulo de sobrecarga dinámica de los materiales. Máxima inclinación recomendable del transportador, en función del tipo de material. Datos orientativos

MATERIAL		Peso específico kg/m³	Máxima inclinación recomendable	Abrasi- vidad	Angulo de reposo del material	Angulo de sobrecarga dinámica
Tipo	Condición		Grados		Grados	Grados
Tierra arcillosa	Húmeda	1 700-2 200	20-22	N. A.	45	30
Tierra	Seca	1 200	20	N. A.	35	20
Tierra de fundición	Terrón	1 400-1 600	22	A.	45	30
Tiza	Fina	1 100	28	N. A.	35	25

De tabla 1:

Con el peso específico, la velocidad y la capacidad determinamos el ancho de banda.

Como la tabla 1 da la capacidad para ángulo de sobrecarga de 20° y nuestro material tiene un ángulo de sobrecarga de 10°, debemos afectar la capacidad por el factor que indica la tabla 3, para la selección del ancho de banda. Con capacidad de 12 ton/h se calcula una capacidad ficticia para entrar en la tabla 1.

$$Q_f = \frac{Q}{\text{Coef de corrección} * \text{coef de inclinación}} \quad (3.4)$$

$$Q_f = \frac{12 \text{ tn/h}}{1 * 0,56} = 22 \text{ tn/h}$$

Por lo tanto la capacidad para elegir el ancho de banda debe ser mayor a Qf

TABLA 3

Coefficiente de corrección de la capacidad de transporte, en función del ángulo de concavidad de rodillos triples portantes, y el ángulo de sobrecarga dinámica del material

Angulo de concavidad (Rodillos triples iguales)	Angulo de sobrecarga dinámica del material				
	0°	5°	10°	20°	30°
0° (cinta plana)	—	0,12	0,24	0,48	0,73
10°	0,29	0,41	0,52	0,76	1
20°	0,56	0,67	0,78	1	1,24
35°	0,80	0,90	1	1,20	1,41
45°	1,04	1,12	1,20	1,37	1,54

TABLA 5

Coefficiente de corrección de la capacidad de transporte según el ángulo de inclinación de la cinta

Angulo de inclinación de la cinta (grados)	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°
Coefficiente de corrección	1	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81
Angulo de inclinación de la cinta (grados)	21°	22°	23°	24°	25°	26°	27°	28°	29°	30°
Coefficiente de corrección	0,78	0,76	0,73	0,71	0,68	0,66	0,64	0,61	0,59	0,56

Nota: Los ángulos de concavidad de los rodillos portantes en Tablas 3 y 4 son con respecto a la horizontal.

TABLA 1 (continuación)

Capacidad horaria de transporte de una cinta cóncava en correspondencia con su ancho, velocidad, naturaleza y tamaño de los trozos de material transportado. Para trios de rodillos portantes iguales, inclinados a 20° y material con 20° de sobrecarga dinámica

Material transportado Peso específico kg/m³	Ancho de la cinta mm	Capacidad de transporte en toneladas/hora																Tamaño máx. del material mm	
		Velocidad de la cinta en m/seg																	
		0.5	0.75	1	1.25	1.5	1.75	2	2.25	2.5	2.75	3	3.25	3.5	3.75	4	En trozos	Maximado	
Caliza en trozos pequeños	300	18	26	36	44	54	64	74								50	75		
	400	34	50	68	84	102	119	136	153	170						70	100		
Greda	500	54	82	109	136	163	191	218	245	272	300	327				90	150		
Rocas volcánicas en trozos	600	80	120	160	200	240	280	320	360	400	440	480				110	200		
Arena seca	700	111	166	222	277	333	388	443	500	554	610	665	720	775		130	250		
Vidrio	800	147	221	295	369	443	517	590	665	737	812	885	960	1035		150	300		
	900	190	285	380	475	570	665	760	855	950	1045	1140	1235	1330	1425	1520	170	350	
Otros materiales de peso específico	1 000	240	360	480	600	720	840	960	1080	1200	1320	1440	1560	1680	1800	1920	200	400	
	1 100	294	442	588	735	882	1030	1175	1324	1470	1617	1764	1910	2060	2205	2350	230	450	
1 500 kg/m³	1 200	356	535	713	892	1170	1248	1427	1605	1782	1962	2140	2320	2500	2678	2875	260	500	
	1 300	425	637	850	1063	1275	1485	1700	1910	2125	2335	2550	2865	3075	3185	3400	300	550	

Cálculo de esfuerzos en la periferia del tambor motriz

El esfuerzo que deberá hacer el tambor motriz se calcula sumando la fuerza para mover la cinta en vacío más la fuerza para mover la carga, quedando:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ [kg]} \quad (3.5)$$

P_1 : Esfuerzo para mover la cinta en vacío [kg]

P_2 : Esfuerzo para mover la carga [kg]

P_3 : Esfuerzo para elevar el material [kg]

Esfuerzo para mover la cinta en vacío P₁.

Para el cálculo del esfuerzo para mover la cinta en vacío necesitaremos el peso de la cinta y de los elementos rodantes.

$$P_1 = f' * q_p * (l + l_0) \quad (3.6)$$

P₁: Esfuerzo necesario para mover la cinta en vacío [kg].

f': Coeficiente de rozamiento de los rodillos.

l₀: Suplemento ficticio destinado a incrementar la distancia entre ejes; como promedio puede adoptarse: $l_0 = 60 - 0,2 * \text{Largo de la cinta [m]}$. = 59,4m

q_p: peso de la cinta y de las partes rodantes referidos a 1 m de distancia real entre ejes $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}}\right]$

$$q_p = \frac{Q_p}{l} \quad (3.7)$$

Siendo Q_p: el peso de la cinta y partes rodantes [kg/m] y l: el largo de la cinta [m]

Para esto primero elegiremos de los rodillos, tomaremos de referencia la marca ROTRANS, seleccionamos los componentes de este catálogo.

El ancho de la cinta es de 400mm, elegimos los componentes para ancho de cinta de para este ancho.

Selección rodillos:

Se selecciona según tabla un rodillo de 63,5 mm de diámetro.

Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda											
Tabla J											
BANDA o Rodillo	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
63,5	x	x	x								
70		x	x	x							
76		x	x	x	x						
89		x	x	x	x						
102			x	x	x	x					
108			x	x	x	x	x				
127				x	x	x	x	x			
133				x	x	x	x	x			
152,4						x	x	x	x		
159						x	x	x	x		
193,7									x	x	x

Adoptamos según tabla A, distancia entre rodillos superiores 1,35m y entre rodillos inferiores (retorno) 3m.

Distancia entre estaciones superiores e inferiores (L1)

ANCHO DE BANDA (mm)	SUPERIORES		INFERIORES
	$\Delta = 0,6$	$\Delta = 0,6$	
400	1,35	1,35	3,00
500	1,35	1,20	3,00
650	1,20	1,10	3,00
800	1,20	1,00	3,00
1000	1,00	1,00	3,00
1200	1,00	1,00	3,00
1400	1,00	1,00	3,00
1600	1,00	1,00	3,00
1800	1,00	1,00	3,00
2000 Y ^	1,00	1,00	2,40

 $\Delta = \text{PESO ESPECIFICO EN Tm/m}^2$

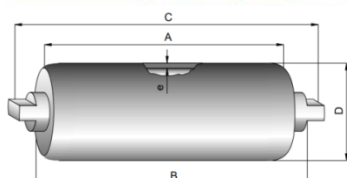
Según tabla I, los rodillos giraran a 150 rpm

R.P.M. de los rodillos en función de la velocidad del transportador

VELOCIDAD BANDA M/S	DIAMETRO DEL RODILLO mm										
	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152,4	159	193,7
0,25	75	68	63	53	47	44	38	36	31	30	25
0,50	150	136	126	107	90	88	75	72	63	60	49
0,75	225	205	189	161	141	132	113	107	94	90	74
1,00	300	273	251	214	188	176	150	143	125	120	98
1,25	376	341	314	268	235	221	188	179	157	150	123
1,50	451	409	377	322	282	265	226	215	188	180	148
1,75	526	478	440	375	329	309	263	251	219	210	172
2,00	601	546	503	429	376	353	301	287	251	240	197
2,25	676	614	566	483	423	398	338	323	282	270	222
2,50	752	682	628	536	470	442	376	359	313	300	246

RODAMIENTO 6204 EJE Ø20

Serie M / S-20	DIAMETRO RODILLO (mm)	D	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152	159
	ESPESOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3,6	3,8	4	4	4,5	5
	CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2	2,2	2,4	3
	CONSTANTE PESO P. MÓVILES	T1	1	1,2	1,2	1,4	2	2,3	2,8	2,9	3,3	4



Disposición de los rodillos:

Colocación en "V"

BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63,5	Peso partes móviles Ø63,5
300	200	208	226	2,09	1,50
400	250	258	276	2,44	1,75
500	315	323	341	2,90	2,05
650	380	388	406	3,35	2,35
800	465	473	491	3,95	2,73
1000	600	608	626	4,90	3,34
1200	700	708	726	5,61	3,79
1400	800	808	826	6,31	4,24
1600	900	908	926	7,01	4,69
1800	1000	1008	1026	7,72	5,14
2000	1100	1108	1126	8,42	5,60

 Una vez seleccionados los componentes de la cinta se procede a calcular q_p

Peso de la cinta

Se considera un aproximado de 4kg/m. Teniendo 3 mts

$$\text{Peso de la cinta} = \frac{4kg}{m} * 3,7m = 14,8kg$$

- Rodillos superiores

El diámetro seleccionado es de 63,5mm separados cada 1,35 m en “v” (peso de c/u 2,44 Kg, de catalogo), en 3m se consideraran 3 pares de rodillos.

$$\text{Peso rodillos superiores} = 3 \text{ par} * 2 \frac{\text{rodillos}}{\text{par}} * 2,44 \frac{Kg}{\text{rodillo}} = 14,64 Kg$$

- Rodillos inferiores

El diámetro será igual al de los rodillos superiores 63,5mm separados cada 3m **en plano** (peso de c/u 2,44 Kg, de catalogo), en 3 metros tendremos un solo par.

$$\text{Peso} = 2 \text{ rodillos} * 2,44 \text{ Kg/rodillo} = 4,88 \text{ Kg}$$

- Peso total de partes rodantes

$$\text{Peso rodillos superiores} + \text{peso rodillos inferiores} = 19,52 kg$$

En el retorno de la cinta, inmediatamente después del tambor de cola, se ubicaran los rodillos rascadores para el autolimpiado, y 2 rodillos guiadores.

Luego:

$$Q_p = 19,52kg + 12 kg$$

$$Q_p = 31,52 kg$$

Siendo el largo de la cinta de 3mt se obtiene:

$$q_p = \frac{31,52 kg}{3 m}$$

$$q_p = 10,6 \frac{kg}{m}$$

Procedemos a encontrar el factor f que se encuentra tabulado en el manual pirelli

Elementos que producen rozamiento	Coefficiente de rozamiento f
Rodillos portantes con cojinetes a bolas, mantenimiento óptimo	0,022
Rodillos portantes con cojinetes a bolas, mantenimiento normal	0,03
Rodillos portantes con cojinetes de bronce, mantenimiento deficiente	0,05
Cinta sin cobertura de goma deslizando sobre superficie metálica pulida	0,3
Cinta sin cobertura de goma deslizando sobre superficie de madera lisa	0,35
Cinta con cobertura de goma deslizando sobre superficie metálica pulida	0,5
Cinta con cobertura de goma deslizando sobre superficie de madera lisa	0,45

Entonces queda:

$$q_p = 10,6 \frac{kg}{m}$$

$$f = 0,03$$

$$l = 3,7m$$

$$l_0 = 59,4m$$

Con esto ya estamos en condiciones de calcular el esfuerzo para mover la cinta en vacío.

$$P_1 = f' * q_p * (l + l_0)$$

$$P_1 = 0,03 * 10,6 \frac{kg}{m} * (3,7m + 59,4m)$$

$$P_1 = 19,84 kg$$

Esfuerzo para mover el material P2.

El esfuerzo para mover el material se calcula con la misma fórmula que para calcular el peso en vacío pero en este caso se cambia el peso de los elementos rodantes y la cinta, por el peso del material quedando:

$$P_2 = f' * q_m * (l + l_0)$$

Siendo:

$$q_m = \frac{Q}{3,6 v}$$

$$Q: \text{caudal requerido} = 12 \frac{tn}{h}$$

$$V: \text{velocidad} = 0,5 \frac{m}{s}$$

$$q_m = \frac{12 \frac{tn}{h}}{3,6 * 0,5 \frac{m}{s}}$$

$$q_m = 6,67 \frac{kg}{m}$$

Entonces queda:

$$P_2 = f' * q_m * (l + l_0)$$

$$P_2 = 0,03 * 6,67 \frac{kg}{m} * (3,7m + 59,4m)$$

$$P_2 = 0,03 * 6,67 \frac{kg}{m} * (3,7m + 59,4m)$$

$$P_2 = 12,5 kg$$

Esfuerzo para mover verticalmente el material P3

El esfuerzo para mover verticalmente el material se calcula con la misma fórmula a continuación:

$$P_3 = \frac{Q \cdot H}{3,6 \cdot v} = q_m \cdot H \quad (3.8)$$

La altura H a la que se elevará el material es de 1,5mts.

$$P_3 = 6,67 \frac{kg}{m} \cdot 1,5m = 10,1 kg$$

Habiendo calculado P_1 , P_2 y P_3 , se obtiene el esfuerzo que deberá hacer el tambor motriz. Queda:

Esfuerzo en la periferia del tambor motriz

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ [kg]}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ [kg]}$$

$$P = 19,84 \text{ kg} + 12,5 + 10,1 \text{ kg}$$

$$P = 42,5 \text{ kg}$$

Potencia requerida

Calculado el esfuerzo que deberá hacer el tambor motriz para mover la carga, se calcula la potencia requerida.

$$N = \frac{P \cdot v}{75} \quad (3.9)$$

$$N = \frac{42,5 \text{ kg} \cdot 0,5 \frac{m}{s}}{75}$$

$$N = 0,28 \text{ cv} = 0,21 \text{ kw}$$

Selección del motor eléctrico

Conocida la potencia que se requiere para mover la cinta con la carga requerida, se procede a seleccionar el motor. Para esto primero se calcula la potencia requerida por el motor. La misma se deriva de la potencia requerida afectada por el rendimiento propio del motor y reductor. Se considera un rendimiento del propio motor del 90% y un rendimiento del reductor del 90%.

$$P_{Motor} = \frac{P}{\mu_{motor} \cdot \mu_{reductor}} \quad (3.10)$$

$$P_{Motor} = \frac{0,21 \text{ kw}}{0,90 \cdot 0,90}$$

$$P_{Motor} = 0,26 \text{ kw}$$

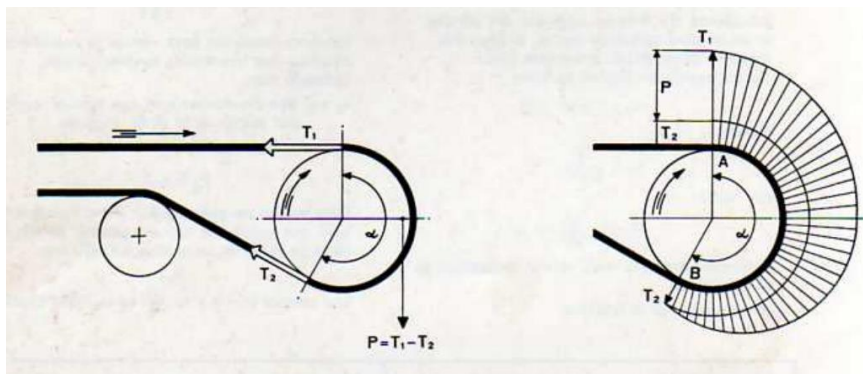
Con esta potencia pasaremos a seleccionar de tabla de catalogo Weg W22 el motor eléctrico trifásicos de alta eficiencia.

W22 - High Efficiency - 50 Hz
Exceeds IE2 ⁽¹⁾ - EFF1 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado Il/ In	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	380 V									Corriente nominal In (A)
								% de la potencia nominal														
								Rendimiento					Factor de potencia									
kW	HP							Caliente	Frio				50	75	100	50	75	100				
IV Polos - 1500 rpm - 50 Hz																						
0,12	0,16	63	0,830	3,9	1,8	2,0	0,00039	51	112	5,7	44	1360	56,8	58,7	58,4	0,58	0,71	0,80	0,390			
0,18	0,25	63	1,25	4,3	2,2	2,2	0,00055	40	88	7,2	44	1360	60,4	61,3	60,1	0,59	0,72	0,81	0,562			
0,25	0,33	71	1,76	4,0	2,1	2,2	0,00055	68	150	7,0	43	1340	64,1	66,1	65,0	0,58	0,71	0,79	0,740			
0,37	0,5	71	2,59	4,2	2,5	2,5	0,00066	48	106	8,0	43	1345	66,9	68,5	67,4	0,55	0,68	0,77	1,08			
0,55	0,75	80	3,73	5,8	2,4	2,8	0,0022	18	40	10,5	44	1400	76,5	76,7	75,7	0,66	0,78	0,85	1,30			
0,75	1	80	5,08	6,0	2,6	2,9	0,0029	15	33	13,5	44	1400	80,1	79,6	78,9	0,68	0,80	0,86	1,68			
1,1	1,5	90S	7,30	6,5	1,9	2,6	0,0049	14	31	19,0	49	1432	81,9	81,8	81,5	0,67	0,78	0,83	2,47			
1,5	2	90L	9,95	6,3	2,0	2,8	0,0055	10	22	22,0	49	1430	82,8	83,2	82,4	0,63	0,77	0,83	3,33			
2,2	3	100L	14,8	6,6	3,1	3,2	0,0082	16	35	30,5	53	1415	84,5	84,3	83,5	0,68	0,79	0,83	4,82			
3	4	100L	20,2	6,5	3,2	3,3	0,0097	14	31	33,0	53	1410	85,6	85,4	84,8	0,68	0,79	0,84	6,40			

Selección de la Banda

Para seleccionar la banda deberemos determinar a las tensiones a las que estará sometida la misma. Para la teoría de transmisión de potencia con correas planas se sabe que el esfuerzo periférico en la llanta de la polea motriz corresponde al par motriz transmitido y depende de la diferencia de tensiones entre el ramal tensado y ramal flojo.



Se tendrá que:

$$P = T_1 - T_2 \quad (3.11)$$

Siendo:

P : Esfuerzo periférico total = 42,5 kg

T₁ : Tensión encima del tambor motriz (o debajo si actúa como freno)

T₂ : Tensión debajo del tambor motriz (o encima si actúa como freno)

A su vez pasando del punto A al B, la tensión de la correa pasa, siguiendo una ley de variación exponencial, del valor T₁ al valor T₂ :

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\alpha \mu} \quad (3.12)$$

Siendo:

α : Angulo de contacto entre la banda y el tambor.

μ : coeficiente de fricción entre la banda y el tambor.

Esta ley es importante ya que para garantizar que la banda no deslice sobre el tambor si se da que

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{\alpha \mu} \quad (3.13)$$

La banda deslizará.

De estas últimas expresiones se llega a qué:

$$T_1 = P * K1 \quad (3.14)$$

$$T_2 = P * K2 \quad (3.15)$$

Siendo K1 y K2 variables que son en función de α , μ y f el cual es un coeficiente de adherencia según el tipo de tambor y de tensor seleccionado, en nuestro caso seleccionaremos un tambor normal y un tensor a tornillo. De esto sale que $f = 0,2$.

Coeficiente convencional de adherencia f_1 :

TIPO DE TENSOR			
A tornillo		A contrapeso	
Tambor normal	Tambor revestido	Tambor normal	Tambor revestido
0,20	0,25	0,30	0,35

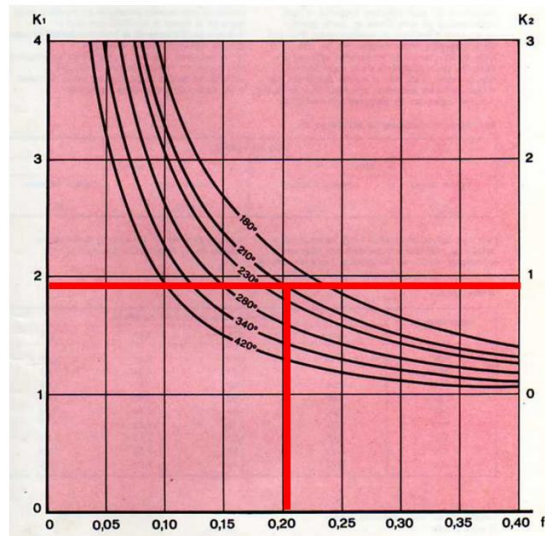
A su vez el ángulo de contacto entre la banda y el tambor α será de 210° .

Con eso ya estamos en condiciones de hallar los valores de los coeficientes K1 y K2.

Del grafico sale que:

K1= 1,9

K2=0,9



Entonces las tensiones T_1 y T_2 quedan:

$$T_1 = P * K_1$$

$$T_1 = 42,5kg * 1,9$$

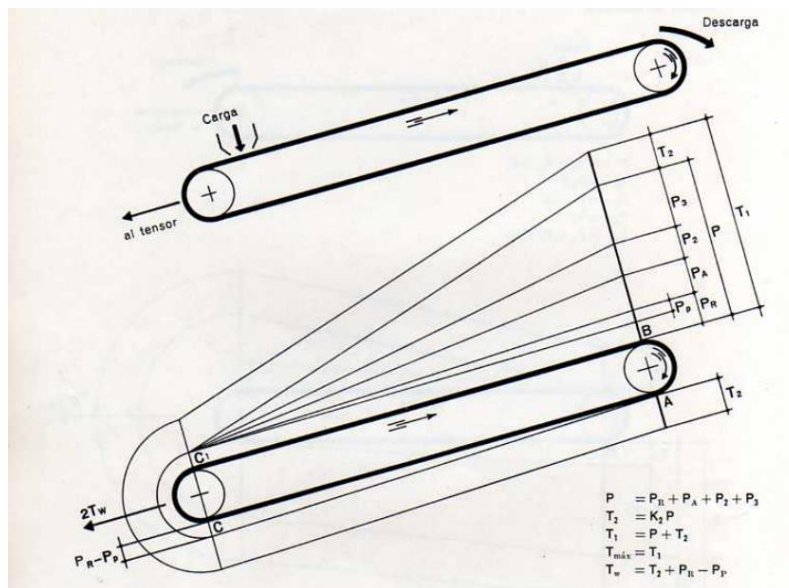
$$T_1 = 80,75 kg$$

$$T_2 = P * K_2$$

$$T_2 = 42,5kg * 0,9$$

$$T_2 = 38,5kg$$

Se elije la siguiente configuración de cinta: Ascendente con cabeza motriz superior.



De aquí se obtiene que la tensión máxima que soportara la cinta, valor con el que se seleccionara el tipo de banda, queda:

$$T_{max} = T_1$$

$$T_{max} = 80,75 \text{ kg}$$

Determinada la máxima tensión de la cinta T_{max} y establecido el ancho de la misma en base al tipo y tamaño del material, el número de telas necesario vendrá dado por la fórmula:

$$\text{Número de telas} = \frac{T_{max}}{L \cdot Te} \quad (3.16)$$

Siendo:

L : ancho de la cinta = 40 cm

Te: carga de trabajo de la cinta en kilogramos por centímetro de ancho y por tela.

Te se selecciona de la siguiente tabla, se elige un tejido de algodón de 28 onzas con unión vulcanizada, de esto deriva que $Te = 5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$.

TIPO DE TEJIDO	Carga de trabajo máxima recomendada de la cinta en kilogramos por centímetros de ancho y por tela	
	Unión metálica	Unión vulcanizada
L = Algodón de 28 onzas	4,5	5
M = Algodón de 32 onzas	5,5	6
CN6 = Algodón-Nylon	5,5	6
P = Algodón de 35 onzas	6,5	7
CN7 = Algodón-Nylon	6,5	7
Ny 12,5 = Nylon-Nylon	12,5	12,5
Ny 20 = Nylon-Nylon	20	20
Ny 31,5 = Nylon-Nylon	25 (*)	31,5
Ry-Ny 10 = Rayón-Nylon	7,5 (**)	10
Ry-Ny 16 = Rayón-Nylon	12 (**)	16
Ry-Ny 20 = Rayón-Nylon	14 (**)	20

Entonces queda:

$$\text{Número de telas} = \frac{T_{max}}{L \cdot Te}$$

$$\text{Número de telas} = \frac{80,75 \text{ kg}}{30 \text{ cm} \cdot 5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}}$$

$$\text{Número de telas} = 0,54$$

De esto adoptaremos una banda con una sola tela.

Selección de recubrimiento

Determinado el ancho, velocidad, el tipo y número de telas de la cinta, no queda más que determinar la calidad y el espesor de la cubierta de goma. El tipo y espesor de la

goma dependen de la intensidad y frecuencia de la acción abrasiva del material sobre la cubierta de la cinta. La frecuencia de la acción abrasiva viene dada por el número de veces que una determinada sección de la cinta pasa bajo la tolva de carga. Se selecciona un recubrimiento de 5 mm del material nomafer B, el cual tiene características mecánicas medias.

Tiempo empleado en una vuelta completa de la cinta seg	Calidad de la cobertura	Material transportado															
		No abrasivo				Medianamente abrasivo				Muy abrasivo				Muy abrasivo y pesado			
		Tamaño del material (mm)															
		5	35	125	150	5	35	125	150	5	35	125	150	5	35	125	150
12	Lemafer C	5	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	2.5	5	8	9.5	5	9.5	—	—	8	—	—	—	9.5	—	—	—
	Dumafer A	1.5	3	6.5	8	3	6.5	9.5	—	5.5	9.5	9.5	9.5	8	9.5	9.5	9.5
24	Lemafer C	3	5	—	—	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	5	6.5	2.5	5	9.5	—	5	8	—	—	5.5	9.5	—	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	6.5	9.5	3	6.5	9.5	9.5	4	8	9.5	9.5
36	Lemafer C	2.5	4	7	—	4	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	6.5	9.5	3	5.5	9.5	—	5	8	—	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	6.5	3	4	6.5	9.5	3	5.5	9.5	9.5
48	Lemafer C	1.5	3	5	8	3	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	7	3	4	8	—	3	5.5	9.5	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5.5	9.5	3	4	8	9.5
60	Lemafer C	1.5	2.5	4	6.5	2.5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5.5	3	3	6.5	9.5	3	5	9.5	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	6.5	3	3	6.5	9.5
90	Lemafer C	1.5	2.5	3	6	2.5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	6.5	3	3	6.5	9.5
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	5.5	3	3	5	6.5
120	Lemafer C	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	5.5	3	3	5	9.5
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	4	5	3	3	5	6.5

Así, la cinta estará compuesta por un alma de una tela de Algodón de 28 onzas c/u, unidas mediante vulcanizado, mas 1 cubiertas de goma tipo nomafer b (PIRELLI) en la cara portante de 5 mm de espesor y 1 cubierta en la posterior, de 1,5 mm.

Selección del tambor motriz y de cola

Se procede a calcular el diámetro del tambor motriz según norma DIN22101 donde

$$D[m] = \frac{36 \cdot P[N]}{1800 \cdot \text{Angulo de agarre } [^\circ] \cdot \pi \cdot \text{ancho de banda}[m]} \quad (3.17)$$

$$D = \frac{36 \cdot 417}{1800 \cdot 210^\circ \cdot \pi \cdot 0,4}$$

$$D = \frac{36 \cdot 410}{1800 \cdot 210^\circ \cdot \pi \cdot 0,4}$$

$$D = 0,1m$$

3.3.3 Diseño: Tornillo de transporte sistema de retorno - T1

El tornillo de transporte forma parte del sistema de retorno de sustrato, este sistema deberá captar y devolver el sustrato que no entra a las macetas y devolverlo a la mezcladora. Es por esto que para no correr riesgos se dimensionará este sistema con más capacidad que la cinta de alimentación.

Se procede a dimensionar el tornillo del sistema de retorno a partir de la norma ANSI-CEMA.

Condiciones y cálculos iniciales

- Capacidad: 17 tn/h
- Largo: 2m
- Inclinación: 15°
- Material: Sustrato densidad: 1500 kg/m³

Diámetro del tornillo

El diámetro del tornillo depende de los pedazos de carga a desplazar este debe ser como mínimo 4 veces mayor que el grosor máximo de los trozos a transportar. A partir del diámetro adoptado se derivan a su vez las RPM a las que debe girar el tornillo para cumplir con la capacidad requerida.

Se adopta un diámetro de 6" el cual tiene una capacidad volumétrica de 0.063 m³/h a 1 Rpm.

El caudal volumétrico máximo que puede transportar es de $Q_{vmax} = 48,4 \text{ m}^3/\text{h}$ considerando la densidad de la mezcla de 1500 kg/m³ el caudal másico máximo será de $Q_{mmax} = 72,6 \text{ tn/h}$.

Siendo que el caudal másico requerido es de 17 tn/h, se procede a calcular las rpm que se derivan de la siguiente fórmula:

$$Q_{vreq} = \frac{Q_{1rpm} \cdot \mu}{Cf1 \cdot Cf2 \cdot Cf3} \cdot k \quad (3.18)$$

Siendo:

Q_{vreq} [m³/h]: Caudal volumétrico requerido = 11,4 m³/h

Q_{1rpm} [rpm]: Capacidad volumétrica del transportador a 1 rpm = 0,323 m³/h

$Cf1$ = paso del tornillo, en este caso se considera el paso igual al diámetro de la hélice.

$Cf2$ =factor de capacidad para hélice especial (no aplica)

$Cf3$ =factor de capacidad para paletas mezcladoras (no aplica)

K =factor de inclinación.

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF1			Factor de inclinación k					
Paso	Descripción	CF1	Inclinación del canalón					
Estándar	Paso = Diámetro de la Hélice	1	k	0°	5°	10°	15°	20°
Corto	Paso = 2/3 Diámetro de la Hélice	1.5						
Medio	Paso = 1/2 Diámetro de la Hélice	2						
Largo	Paso = 1 1/2 Diámetro de la Hélice	0.67						
				1	0.9	0.8	0.7	0.6

Quedando:

$$11,4 \left[\frac{m^3}{h} \right] = \frac{0,323 \left[\frac{m^3}{h} \right] \cdot \mu}{1.1.1} * 0.7 \rightarrow \mu = 51[rpm]$$

Diámetro del tornillo: 10"

Velocidad de giro μ : 36[rpm]

A continuación se adjunta el recorte de la pagina del catalogo.

Carga de artesa	Diámetro (pulg)	Diámetro (mm)	Capac. a 1RPM (pie³/h)	Capac. a 1RPM (m³/h)	RPM max.	Max. Capac. (m³/h)	Vel. avance (m/s)	Carga de artesa	Diámetro (pulg)	Diámetro (mm)	Capac. a 1RPM (pie³/h)	Capac. a 1RPM (m³/h)	RPM max.	Max. Capac. (m³/h)	Vel. avance (m/s)
45%	4	101.6	0.62	0.018	184	3.2	0.31	30%B	4	101.6	0.41	0.012	72	0.8	0.12
	6	152.4	2.23	0.063	165	10.4	0.42		6	152.4	1.49	0.042	60	2.5	0.15
	8	203.2	4.83	0.133	155	26.0	0.50		8	203.2	2.72	0.077	55	4.2	0.21
	10	254	8.4	0.233	150	48.4	0.64		10	254	3.8	0.108	55	5.9	0.23
	12	304.8	19.4	0.549	145	79.7	0.74		12	304.8	6.4	0.181	50	9.1	0.25
	14	355.6	31.2	0.884	140	123.7	0.83		14	355.6	10.4	0.295	50	14.7	0.30
	16	406.4	46.7	1.323	130	171.9	0.88		16	406.4	15.6	0.442	45	19.9	0.30
	18	457.2	67.6	1.914	120	229.7	0.91		18	457.2	22.5	0.637	45	28.7	0.34
	20	508	93.7	2.654	110	291.9	0.93		20	508	31.2	0.884	40	35.3	0.34
	24	609.6	164	4.644	100	464.4	1.02		24	609.6	54.6	1.546	40	61.9	0.41
30%A	30	762	323	9.147	90	823.3	1.14	15%	30	762	108	3.059	35	107.0	0.44
	4	101.6	0.41	0.012	130	1.5	0.22		4	101.6	0.21	0.006	72	0.4	0.12
	6	152.4	1.49	0.042	120	5.1	0.30		6	152.4	0.75	0.021	60	1.3	0.15
	8	203.2	2.72	0.077	100	15.4	0.38		8	203.2	1.49	0.042	60	2.5	0.15
	10	254	3.8	0.108	95	20.4	0.40		10	254	2.72	0.077	55	4.2	0.21
	12	304.8	6.4	0.181	90	32.9	0.46		12	304.8	3.8	0.108	55	5.9	0.23
	14	355.6	10.4	0.295	85	50.1	0.50		14	355.6	6.4	0.181	50	9.1	0.25
	16	406.4	15.6	0.442	80	70.7	0.54		16	406.4	10.4	0.295	50	14.7	0.30
	18	457.2	22.5	0.637	75	95.6	0.57		18	457.2	15.6	0.442	45	19.9	0.30
	20	508	31.2	0.884	70	124.5	0.59		20	508	22.5	0.637	45	28.7	0.34

Caculo de potencia

Se procede a calcular la potencia requerida por el tornillo. La potencia viene dada por la siguiente fórmula:

$$N = (Nf + Nm) * F0 + Nh$$

Siendo:

N [kw] = Potencia requerida.

Nf [kw]: Potencia consumida en vacio.

Nm [kw]: Potencia consumida para arrastrar el material.

F0: Factor de sobrecarga.

Nh[kw]: Potencia para elevar la carga.

Potencia Consumida en vacío N_f

La potencia que consumirá sin carga el sistema de transporte está dada por la siguiente ecuación:

$$N_f = \frac{(L * \mu * F_d * F_b)}{408684}$$

Largo L [m] = 2

Velocidad de giro μ [rpm] = 36

Los siguientes son factores a considerar teniendo en cuenta el diámetro del transportador y el tipo de cojinete seleccionado.

F_d : Factor de diámetro del transportador = 37

Factor del Diámetro del Transportador, F_d			
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
9	31.0	18	135.0
10	37.0	20	165.0
12	55.0	24	235.0
		30	300.0

Se selecciona un cojinete del tipo rodamiento hilera de rodillos conicos, ya que tendremos cargas axiales y radiales, a su vez la temperatura máxima de trabajo no supera los 110 °c y este tipo de cojinete no contamina al material.

F_b : Factor de tipo de cojinete = 1

Factor del Bujes para Colgante		
Tipo de Bujes		Factor del Bujes para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce	2.0
S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMW * Uretano	2.0
	* Hierro Endurecido	3.4
H	* Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica	4.4

* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

$$N_f = \frac{(2 \text{ m} * 51 \text{ rpm} * 37 * 1)}{408684}$$

$$N_f = 0,0124 \text{ kw} = 0,0166 \text{ hp}$$

Potencia consumida para arrastrar el material Nm

La potencia que consumirá para arrastrar el material está dada por la siguiente ecuación:

$$Nm = \frac{(Q * L * Ff * Fp * Fm)}{185,4}$$

Siendo:

Q [tn/h] =Caudal másico

Largo L [m] = 2

Los siguientes factores salen del tipo de Hélice y características del material

Ff: factor de tipo de hélice =1 (hélice estándar)

Tipo de Helicoidal	F _f Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doble	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—
*No recomendada				

Fp: factor de paleta = 1 (no tiene)

Factor de Paleta, F _p					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — F _p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

Fm: factor de material = 2 (Tabla 2-2 ANSI-CEMA)

Quedando:

$$Nm = \frac{(17 * 2 * 1 * 1,5 * 1)}{185,4}$$

$$Nm = 0,37kw = 0,49hp$$

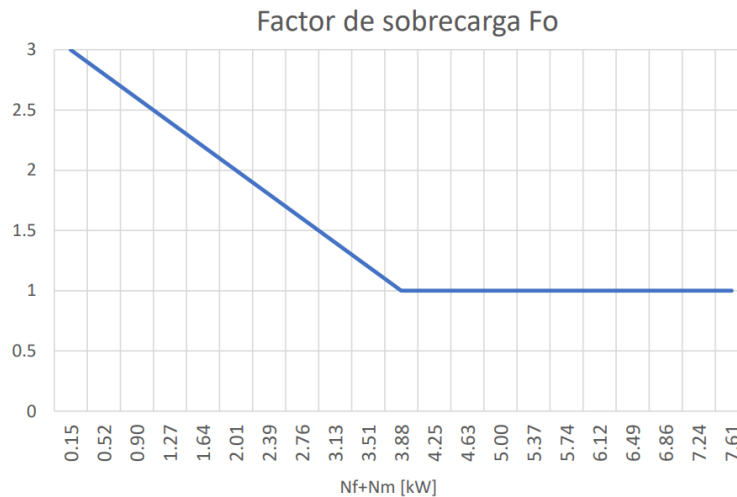
Tenemos entonces que:

Potencia en vacío Nf = 0,0124 kw = 0,0166hp

Potencia para arrastrar el material Nm= 0,37kw = 0,49hp

El factor de sobre carga F0 que sale de la siguiente tabla

$$Nf+Nm = 0,276kw \Rightarrow F0 = 2,7$$



Potencia Consumida para elevar la carga Nh

$$N_h = \frac{(Q \cdot h)}{367} \quad (3.19)$$

Siendo h el desnivel entre la carga y la descarga, 0,7m.

$$N_h = \frac{17 \frac{\text{tn}}{\text{h}} \cdot 0,7 \text{ m}}{367} = 0,0324 \text{ Kw}$$

Entonces:

$$\text{Potencia} = (N_f + N_m) \cdot F_o + N_h = (0,0124 \text{kw} + 0,37 \text{kw}) \cdot 2 + 0,0324 = 1,064 \text{kw} = 1,42 \text{hp}$$

Selección de componentes

Según los datos calculados para cumplir con la capacidad requerida queda:

Diámetro de Hélice: 10 ["]

Paso: Estándar.

Potencia requerida: 1,42 [hp]

Velocidad de giro: 51 [rpm]

Largo: 2 [m]

A partir de estas definiciones se calculan los componentes del tornillo transportador.

Calculo eje principal:

El eje se calcula según el torque al que está sometido.

Potencia requerida: 1,42 hp = 1060 nm/s

Velocidad de giro= 51 rpm = 5,34 rad/s

$$\text{Torque} = \frac{(1060 \text{ nm/s})}{5,34 \text{ rad/s}} = 198 \text{ nm} = 1753 \text{ In.lbs}$$

El torque al que está sometido el tubo central es de 1753 lb.in (CEMA). Considerando que se selecciono un helicoidal de 10", el eje principal del transportador deberá ser mayor a 2". Se verifica que el torque al que estará sometido el eje en la en la sección de CEMA Std. Se establece que el falso eje va a tener un diámetro de 2" y el tubo central un diámetro exterior de 2.5" Sch.40 siendo así el diámetro interno de 2". (Verificado a la flexo torsión). Ambos de acero SAE 1010.

Table 3-5. Torsional Ratings of Bolts, Pipe and Coupling (in-lbs)

Shaft Dia. (in)	Pipe		Couplings		Dia. (in)	Bolts					
	Size (in)	Torque (in-lbs)	Torque (in-lbs)			Bolts in Shear T ₁ (in-lbs)			Bolts in Bearing T ₂ (in-lbs)		
			C-1018	C-1045		No. Of Bolts Used			No. Of Bolts Used		
		T ₃	T ₄	T ₅		1	2	3	1	2	3
1	1-1/4	3,140	820	1,025	3/8	690	1,380	2,070	985	1,970	2,955
1-1/2	2	7,500	3,070	3,850	1/2	1,830	3,660	5,490	2,500	5,000	7,500
2	2-1/2	14,250	7,600	9,500	5/8	3,800	7,600	11,400	3,930	7,860	11,790
2-7/16	3	23,100	15,030	18,780	5/8	4,635	9,270	13,900	5,820	11,640	17,460
3	3-1/2	32,100	28,350	35,440	3/4	8,200	16,400	24,600	7,770	15,540	23,310
3	4	43,000	28,350	35,440	3/4	8,200	16,400	24,600	12,500	25,000	37,500
3-7/16	4	43,000	42,470	53,080	7/8	12,800	25,600	38,400	10,900	21,800	32,700
3-15/16	5	65,100	61,190	76,485	1-1/8	24,270	48,540	72,810	26,060	52,120	78,180
4-7/16	6	101,160	88,212	110,265	1-1/4	33,760	67,520	101,280	45,375	90,750	136,125

Calculo del peso:

Se considerara el peso que puede ocupar el volumen lleno del tornillo

$$P = (\pi * r^2 * L) * \delta = (\pi * 0,13^2 m * 2,7m) * 1500 \text{ kg/m}^3$$

$$P = 205 \text{ kg}$$

Diseño de soportes - Rodamientos

Para el sostén de la rosca transportadora seleccionaremos 2 rodamientos de rodillos cónicos de iguales características que soportaran esfuerzo radial y axial, ubicados a ambos extremos del tornillo. Los rodamiento se dimensionaran según Mott.

Las cargas axiales y radiales se distribuirán sobre los 2 apoyos:

Fuera de roce sustrato – acero. $\mu = 0,6$

$$F_{\text{normal}} = 205 \text{ kgf} = 2010 \text{ N}$$

$$F_{\text{radial}} \text{ apoyos} = 1000 \text{ N}$$

$$F_{\text{axial}} = F_{\text{normal}} * \mu = 2010 \text{ N} * 0,6 = 1206 \text{ N}$$

El tornillo tendrá 2 puntos de apoyo.



Siendo A punto de apoyo lado motor y B punto de apoyo fijo.

Para determinar la carga equivalente en los rodamientos de los puntos A y B se utiliza la siguiente fórmula

$$Pa = 0,4 * Fradial.a + 0,5 * \frac{Ya}{Yb} * Fradial.b + Ya * Ta \quad (3.20)$$

Siendo:

Pa: Carga radial equivalente sobre el rodamiento A

Pb: Carga radial equivalente sobre el rodamiento B

Fradial.a: Carga radial aplicada sobre el rodamiento A = 1000N = 224lb

Fradial.b: Carga radial aplicada sobre el rodamiento B = 1000N = 224lb

Ta: Carga de empuje sobre el rodamiento A = 1206N = 271 lb

Ya: Factor de empuje para el rodamiento A . De tabla = 2,02

Yb: Factor de empuje sobre el rodamiento B . De tabla = 2,02

TABLA 14-7 Datos para rodamientos de rodillos cónicos

Barreno	Diámetro exterior	Ancho	<i>a</i>	Factor de empuje, <i>Y</i>	Capacidad básica de carga dinámica, <i>C</i>
1.0000	2.5000	0.8125	0.583	1.71	8370
1.5000	3.0000	0.9375	0.690	1.98	12 800
1.7500	4.0000	1.2500	0.970	1.50	21 400
2.0000	4.3750	1.5000	0.975	2.02	26 200
2.5000	5.0000	1.4375	1.100	1.65	29 300
3.0000	6.0000	1.6250	1.320	1.47	39 700
3.5000	6.3750	1.8750	1.430	1.76	47 700

Nota: Dimensiones en pulgadas. La carga *C* está en libras para una duración L_{10} de un millón de revoluciones.

$$Pa = 0,4 * 224lb + 0,5 * \frac{2,02}{2,02} * 224lb + 2,02 * 271lb$$

$$Pa = 749lb$$

$$Pb = Fradial.b = 224lb$$

Cálculo de vida útil:

De tabla sale que la duración del rodamiento será de aproximadamente 30000hs de uso.

Ld: Cantidad de revoluciones.

$$Ld = 30000 * 51rpm * 60 \frac{min}{h} (3.21)$$

$$Ld = 72000000$$

Capacidad de carga dinamica

La capacidad de carga dinámica básica, C, se usa para calcular la vida nominal básica y la vida nominal para rodamientos que giran bajo carga. El valor C se define como: la carga del rodamiento que dará lugar a una vida nominal básica según la norma ISO 281 de 1 000 000 de revoluciones. Se supone que la carga es de magnitud y dirección constantes, y que es radial, para los rodamientos radiales, y axial, actuando de forma centrada, para los rodamientos axiales

La capacidad de carga dinamica se calcula con la siguiente ecuacion con k=3,33.

$$CA = Pa * \left(\frac{Ld}{10^6}\right)^{1/k} (3.22)$$

$$CA = 749 * \left(\frac{72000000}{10^6}\right)^{1/3,33}$$

$$CA = 2702 lb = 12019N$$

$$CB = Pb * \left(\frac{Ld}{10^6}\right)^{1/k}$$

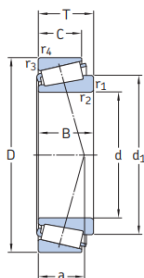
$$CB = 224lb * \left(\frac{72000000}{10^6}\right)^{1/3,33}$$

$$CB = 808lb = 3594N$$

Se selecciona el mismo rodamiento para Los puntos A y B, del manual SKF:

7.2 Rodamientos de una hilera de rodillos cónicos en pulgadas

d 45,237 – 50,8 mm
1.781 – 2 pulg.



Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga P _u	Velocidades nominales		Masa	Designación	Serie
d	D	T	dinámica C	estática C ₀		Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm/pulg.			kN		kN	r. p. m.		kg	—	—
45,237 1.781	87,312	30,162	102	132	15	6 000	8 500	0,85	3585/3525/Q	3500
	3,4375	1.1875								
	87,312	30,162	102	132	15	6 000	8 500	0,85	3586/3525/Q	3500
	3,4375	1.1875								
45,242 1.7812	73,431	19,558	53,9	75	8,15	6 700	9 500	0,31	LM 102949/910/Q	LM102900
	2,891	0.77								
	77,788	19,842	53,9	69,5	7,65	6 300	9 000	0,37	LM 603049/011/Q	LM 603000
	3,0625	0.7812								
45,618 1.796	82,931	26,988	80,9	106	11,8	6 000	9 000	0,59	25590/25523/Q	25500
	3,265	1.0625								
	83,058	23,876	80,9	106	11,8	6 000	9 000	0,55	25590/25522/Q	25500
	3,27	0.94								
46,038 1.8125	79,375	17,462	49,5	62	6,8	6 300	9 000	0,33	18690/18620/Q	18600
	3,125	0.6875								
	85	20,638	70,4	81,5	9,3	6 000	8 500	0,49	359 S/354 X/Q	355
	3,3465	0.8125								
47,625 1.875	88,9	20,638	76,5	91,5	10,4	5 600	8 000	0,55	369 S/2/362 A/2/Q	365
	3,5	0.8125								
	95,25	30,162	108	146	17,3	5 000	7 500	0,95	HM 804846/2/810/2/Q	HM 804800
	3,75	1.1875								
	101,6	34,925	151	190	22,8	5 000	7 500	1,25	528 R/522	525
	4	1.375								
49,212 1.9375	114,3	44,45	183	224	25	4 500	6 700	2,2	65390/65320/QCL7C	65300
	4,5	1.75								
50,8 2	88,9	20,638	76,5	91,5	10,4	5 600	8 000	0,5	368 A/362 A/Q	365
	3,5	0.8125								
	90	20	76,5	91,5	10,4	5 600	8 000	0,58	368 A/362 X/Q	365
	3,5433	0.9843								
	93,264	30,162	110	146	17	5 300	7 500	0,87	3780/3720/Q	3700
	3,6718	1.1875								
	104,775	36,512	145	204	22,4	4 500	6 700	1,5	HM 807046/010/QCL7C	HM 807000
	4,125	1.4375								
	104,775	39,688	187	285	32	4 800	7 000	1,65	4580/2/4535/2/Q	4500
	4,125	1.5625								

Motor eléctrico

Se selecciona un motor weg de alta eficiencia, Según los cálculos la potencia requerida por el transportador es de 1,5 HP.

W22 - High Efficiency - 50 Hz
Exceeds IE2 ⁽¹⁾ - EFF1 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/ In	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kg·m²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	380 V										Corriente nominal In (A)			
								RPM	% de la potencia nominal																
									Rendimiento			Factor de potencia													
									50			75	100	50	75	100									
kW	HP							Caliente	Frio																
IV Polos - 1500 rpm - 50 Hz																									
0,12	0,16	63	0,830	3,9	1,8	2,0	0,00039	51	112	5,7	44	1360	56,8	58,7	58,4	0,58	0,71	0,80	0,390						
0,18	0,25	63	1,25	4,3	2,2	2,2	0,00055	40	88	7,2	44	1360	60,4	61,3	60,1	0,59	0,72	0,81	0,562						
0,25	0,33	71	1,76	4,0	2,1	2,2	0,00055	68	150	7,0	43	1340	64,1	66,1	65,0	0,58	0,71	0,79	0,740						
0,37	0,5	71	2,59	4,2	2,5	2,5	0,00066	48	106	8,0	43	1345	66,9	68,5	67,4	0,55	0,68	0,77	1,08						
0,55	0,75	80	3,73	5,8	2,4	2,8	0,0022	18	40	10,5	44	1400	76,5	76,7	75,7	0,66	0,78	0,85	1,30						
0,75	1	80	5,08	6,0	2,6	2,9	0,0029	15	33	13,5	44	1400	80,1	79,6	78,9	0,68	0,80	0,86	1,68						
1,1	1,5	90S	7,30	6,5	1,9	2,6	0,0049	14	31	19,0	49	1432	81,9	81,8	81,5	0,67	0,78	0,83	2,47						
1,5	2	90L	9,95	6,3	2,0	2,8	0,0055	10	22	22,0	49	1430	82,8	83,2	82,4	0,63	0,77	0,83	3,33						
2,2	3	100L	14,8	6,6	3,1	3,2	0,0082	16	35	30,5	53	1415	84,5	84,3	83,5	0,68	0,79	0,83	4,82						
3	4	100L	20,2	6,5	3,2	3,3	0,0097	14	31	33,0	53	1410	85,6	85,4	84,8	0,68	0,79	0,84	6,40						

El motor girara a 1432 RPM por lo que se requerirá un reductor para llegar a las 51 rpm requeridas por el transportador.

$$I_{reducción} = \frac{1432RPM}{51RPM} = 28$$

Reductor

Según lo visto se selecciona un reductor sin fin corona del catalogo de la marca REM

Reductor: REM063						
i	n1	n2	M2(Nm)	Kw1	RD	sf
7,5	1400	186,7	68	1,5	89,1	1,9
10		140	88	1,5	88,6	1,4
15		93,3	126	1,5	82,4	1,1
20		70	166	1,5	81,8	0,8
25		56	146	1,1	79,7	0,9
30		46,7	162	1,1	72,3	1,0
40		35	207	1,1	70,6	0,7
50		28	124	0,55	67,5	1,1
60		23,3	140	0,55	64,5	0,9
80		17,5	115	0,37	57,9	1,1
100		14	129	0,37	51,1	0,9

Selección de acoplamientos elásticos

Los acoplamientos se utilizan con el objeto de transmitir la potencia entre dos ejes. En nuestro caso se seleccionará un acoplamiento para transmitir la potencia del eje del motor eléctrico al eje de entrada del reductor, y también uno para conectar el eje de salida del reductor con el falso eje. Se seleccionarán ambos del catálogo Gummi y serán de la serie elásticos. Para la selección se utiliza el torque a transmitir (Tt) afectado por un factor de servicio. Se elige un factor de servicio de 1,3 (Fs = 1,3) que es el recomendado por el fabricante para nuestra configuración.

El acoplamiento se selecciona a partir del torque nominal según la siguiente fórmula:

$$Tn = \frac{9550 \cdot 1,1 [Kw] \cdot Fs}{Velocidad\ de\ giro [RPM]} \quad (3.23)$$

Potencia[Kw] = 1,1

Fs: factor de servicio = 1,5

FACTORES DE SERVICIO (Aplicaciones generales)

TABLA II

AGITADORES		ELEVADORES		IMPRESORA	
Líquidos	1.00	Montacargas.	1.75	Rotativa.	1.00
Líquidos c/sólidos en suspensión.	1.25	Carga de pasajeros. (Consultar fábrica)		Prensa.	1.50
Líquidos con densidad variable.	1.25	EXTRUSORAS		MAQUINAS HERRAMIENTAS	
BOMBAS		Material de.	1.50	Cepillo.	1.50
Centrífugas:		Densidad constante.	2.50	Calandras.	2.00
Normales.	1.00	Densidad variable.		Prensa de estampado.	2.00
Alta densidad y sobrecarga.	1.25	SOPLADORES		Roscadora.	2.50
Rotativas, a engranajes, paletas o lóbulos.	1.50	Centrífugos.	1.00	MEZCLADORAS	
A pistón:		Metálicos.	1.25	De tambor.	1.50
De 3 o más cilindros.	2.00	Lóbulos.	1.50	De concreto.	1.75
De 2 o un cilindro.	2.50	VENTILADORES		MOLINOS	
De doble efecto.	2.50	Centrífugos.	1.00	A martillos.	2.00
TRITURADOR		Tiraje reforzado.	1.50	A bolas.	2.25
De piedra.	2.75	Tiraje inducido.	2.00	HORNOS	
COMPRESORES		Torre de enfriamiento.	2.50	De cemento, rotativos o secadores.	2.00
Centrífugo.	1.25	GENERADORES		ZARANDA	
Rotativo.	1.50	Carga uniforme.	1.00	De lavadero.	1.00
Alternativos:		Motosoldadores.	2.00	Rotativa.	1.50
> 4 cil.	2.50	GUINCHES O PUENTES		Vibratoria.	2.50
< 4 cil.		GRUAS		TRANSPORTADORES	
(Consultar en fábrica)		De traslación.	1.75	Aéreos, cintas, correas	
		Malacate principal.	2.00	discos, a tornillo.	1.50
				Vibratorios.	2.50

Entre la salida del reductor y el falso eje

Según lo visto el torque nominal sobre el eje principal es de 198 Nm y el diámetro del falso eje al que estará unido el acoplamiento es de 2". De esta forma queda:

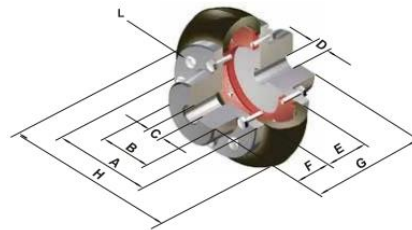
$$Tn = 198Nm * 1,5$$

$$Tn = 297 Nm$$

Modelo convencional

GUMMI

CON 2 CUBOS NORMALES (fig. 1)



- A - Ø Brida Cubo
- B - Ø Cuello Cubo
- C - Ø Máx. aleasaje
- D - Ø Agujero piloto
- E - Ancho centro
- F - Ancho cubo
- G - Long. total
- H - Ø Centro
- L - Tipo tornillo

TABLA III

ACOPLE CON CUBO NORMAL													BULONES	
MODELO	Torq. Nom. Nm	Angulo Torsión (°)	(1) Peso (Kg.)	Gd2 (Kg m2)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	Nr.	L- Cab. hex.
A-20	38	2°	1.05	0.0017	74	36	20	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4
A-25	56	5°	1.09	0.0018	74	36	23	10	30	25	80	95	12	1/4 x 3/4
A-30	82	2°	2.40	0.0094	96	49	30	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8
A-35	113	4°	2.65	0.0098	96	49	32	10	40	35	110	127	16	5/16 x 7/8
A-45	250	3°	5.00	0.0382	127	70	40	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1
A-50	420	6°	5.32	0.0402	127	70	46	15	50	45	140	167	20	5/16 x 1
A-60	620	5°	12.50	0.1065	169	100	55	25	65	60	185	224	24	3/8 x 1 1/4
A-70	1170	9°	13.30	0.1593	169	100	65	25	65	60	185	224	24	3/8 x 1 1/4
A-80	1550	5°	24.90	0.594	218	116	75	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 3/4
A-90	2170	6°	26.00	0.639	218	116	85	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 3/4
A-95	2380	4°	34.90	0.912	235	138	90	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 3/4

3.3.4 Diseño : Cinta transportadora sistema de retorno – C2

Se realizara el cálculo de la cinta transportadora del sistema de retorno, la misma es muy similar a la cinta de alimentación por lo que se ira resumiendo los calculo según se vean afectados respecto a los cálculos de la cinta de alimentación.

Especificación técnica

- Capacidad: 17 tn/h
- Largo: 3 m
- Inclinación: 35°
- Material: Sustrato densidad: 1500 kg/m³

Selección banda

Ancho de banda: 300mm

Velocidad adoptada: 0,5 m/s

Para la selección de la banda como vimos se necesita el peso especifico, la velocidad y la capacidad. El el material y la velocidad adoptadas son las mismas que para la cinta de alimentación, a su vez se adoptara el mismo formato

De tabla 1:

Cálculo de esfuerzos en la periferia del tambor motriz

El esfuerzo que deberá hacer el tambor motriz se calcula sumando la fuera para mover la cinta en vacio más la fuerza para mover la carga, quedando:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ [kg]}$$

P_1 : Esfuerzo para mover la cinta en vacio [kg]

P_2 : Esfuerzo para mover la carga [kg]

P_3 : Esfuerzo para elevar el material[kg]

Esfuerzo para mover la cinta en vacio P_1

Para el cálculo del esfuerzo para mover a cinta en vacio necesitaremos el peso de la cinta y de los elementos rodantes.

$$P_1 = f' * q_p * (l + l_0)$$

P_1 : Esfuerzo necesario para mover la cinta en vacio [kg].

f' : Coeficiente de rozamiento de los rodillos.

l_0 : Suplemento ficticio destinado a incrementar la distancia entre ejes; como promedio puede adoptarse: $l_0 = 60 - 0,2 * \text{Largo de la cinta [m]} = 59,4\text{m}$

q_p : peso de la cinta y de las partes rodantes referidos a 1 m de distancia real entre ejes $\left[\frac{kg}{m}\right]$

$$q_p = \frac{Q_p}{l}$$

Siendo Q_p : el peso de la cinta y partes rodantes[kg/m] y l:el largo de la cinta[m]

Para esto primero elegiremos del los rodillos, tomaremos de referencia la marca ROTRANS, seleccionamos los componentes de este catalogo.

El ancho de la cinta es de 300mm, elegimos los componentes para ancho de cinta de 400mm que es valido también para 300mm.

Selección rodillos

Se selecciona según tabla un rodillo de 63,5 mm de diámetro.

Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda											
BANDA o Rodillo	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
63,5	x	x	x								
70		x	x	x							
76		x	x	x	x						
89		x	x	x	x						
102			x	x	x	x					
108			x	x	x	x	x				
127				x	x	x	x	x			
133				x	x	x	x	x			
152,4						x	x	x	x		
159						x	x	x	x	x	
193,7											x

Tabla J

Adoptamos según tabla A, distancia entre rodillos superiores 1,35m y entre rodillos inferiores (retorno) 3m.

Distancia entre estaciones superiores e inferiores (L1)			
Tabla A			
ANCHO DE BANDA (mm)	SUPERIORES		INFERIORES
	$\& = 0,6$	$\& = 0,6$	
400	1,35	1,35	3,00
500	1,35	1,20	3,00
650	1,20	1,10	3,00
800	1,20	1,00	3,00
1000	1,00	1,00	3,00
1200	1,00	1,00	3,00
1400	1,00	1,00	3,00
1600	1,00	1,00	3,00
1800	1,00	1,00	3,00
2000 Y ^	1,00	1,00	2,40

$\& =$ PESO ESPECIFICO EN Tm/m²

Los rodillos giraran a 150 rpm

R.P.M. de los rodillos en función de la velocidad del transportador

Tabla I

VELOCIDAD BANDA M/S	DIAMETRO DEL RODILLO mm										
	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152,4	159	193,7
0,25	75	68	63	53	47	44	38	36	31	30	25
0,50	150	136	126	107	90	88	75	72	63	60	49
0,75	225	205	189	161	141	132	113	107	94	90	74
1,00	300	273	251	214	188	176	150	143	125	120	98
1,25	376	341	314	268	235	221	188	179	157	150	123
1,50	451	409	377	322	282	265	226	215	188	180	148
1,75	526	478	440	375	329	309	263	251	219	210	172
2,00	601	546	503	429	376	353	301	287	251	240	197
2,25	676	614	566	483	423	398	338	323	282	270	222
2,50	752	682	628	536	470	442	376	359	313	300	246

RODAMIENTO 6204 EJE Ø20										
Serie M / S-20	DIÁMETRO RODILLO (mm)	D	63,5	70	76	89	102	108	127	133
	ESPESOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3,6	3,8	4	4,5
	CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2	2,2
	CONSTANTE PESO P. MÓVILES	T1	1	1,2	1,2	1,4	2	2,3	2,8	2,9

Disposición de los rodillos:

Colocación en "V"					
BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63.5	Peso partes móviles Ø63.5
300	200	208	226	2,09	1,50
400	250	258	276	2,44	1,75
500	315	323	341	2,90	2,05
650	380	388	406	3,35	2,35
800	465	473	491	3,95	2,73
1000	600	608	626	4,90	3,34
1200	700	708	726	5,61	3,79
1400	800	808	826	6,31	4,24
1600	900	908	926	7,01	4,69
1800	1000	1008	1026	7,72	5,14
2000	1100	1108	1126	8,42	5,60

Una vez seleccionados los componentes de la cinta se procede a calcular q_p

Peso de la cinta

Se considera un aproximado de 4kg/m. Teniendo 3 mts

$$\text{Peso de la cinta} = \frac{4\text{kg}}{\text{m}} * 3\text{m} = 12\text{kg}$$

Rodillos superiores

El diámetro seleccionado es de 63,5mm separados cada 1,35 m **en "v"** (peso de c/u 2,1 Kg, de catalogo), en 3m se consideraran 3 pares de rodillos.

$$\text{Peso rodillos superiores} = 3 \text{ par} * 2 \frac{\text{rodillos}}{\text{par}} * 2,1 \frac{\text{Kg}}{\text{rodillo}} = 12,6 \text{ Kg}$$

Rodillos inferiores

El diámetro será igual al de los rodillos superiores 63,5mm separados cada 3m **en plano** (peso de c/u 2,1 Kg, de catalogo), en 3 metros tendremos un solo par.

$$\text{Peso} = 2 \text{ rodillos} * 2,1 \text{ Kg/rodillo} = 4,2 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso total de partes rodantes} = 16,8 \text{ Kg}$$

En el retorno de la cinta, inmediatamente después del tambor de cola, se ubicaran los rodillos rascadores para el autolimpiado, y 2 rodillos guidores.

Luego:

$$Q_p = 16,8kg + 12 kg$$

$$Q_p = 28,8 kg$$

Siendo el largo de la cinta de 3mt se obtiene:

$$q_p = \frac{28,8 kg}{3 m}$$

$$q_p = 9,6 \frac{kg}{m}$$

Procedemos a encontrar el factor f que se encuentra tabulad en el manual pirelli

Elementos que producen rozamiento	Coefficiente de rozamiento f
Rodillos portantes con cojinetes a bolas, mantenimiento óptimo	0,022
Rodillos portantes con cojinetes a bolas, mantenimiento normal	0,03
Rodillos portantes con cojinetes de bronce, mantenimiento deficiente	0,05
Cinta sin cobertura de goma deslizando sobre superficie metálica pulida	0,3
Cinta sin cobertura de goma deslizando sobre superficie de madera lisa	0,35
Cinta con cobertura de goma deslizando sobre superficie metálica pulida	0,5
Cinta con cobertura de goma deslizando sobre superficie de madera lisa	0,45

Entonces queda:

$$q_p = 9,6 \frac{kg}{m}$$

$$f = 0,03$$

$$l = 3m$$

$$l_0 = 59,4m$$

Con esto ya estamos en condicione de calcular el esfuerzo para mover la cinta en vacio.

$$P_1 = f' * q_p * (l + l_0)$$

$$P_1 = 0,03 * 9,6 \frac{kg}{m} * (3m + 59,4m)$$

$$P_1 = 17,98 kg$$

Esfuerzo para mover el material P2

El esfuerzo para mover el material se calcula con la misma fórmula que para calcular el peso en vacio pero en este caso se cambia el peso de los elementos rodantes y la cinta, por el peso del material quedando:

$$P_2 = f' * q_m * (l + l_0)$$

Siendo:

$$q_m = \frac{Q}{3,6 v}$$

Q: caudal requerido = $17 \frac{tn}{h}$

V: velocidad = $0,5 \frac{m}{s}$

$$q_m = \frac{17 \frac{tn}{h}}{3,6 * 0,5 \frac{m}{s}}$$

$$q_m = 8,33 \frac{kg}{m}$$

Entonces queda:

$$P_2 = f' * q_m * (l + l_0)$$

$$P_2 = 0,03 * 8,33 \frac{kg}{m} * (3m + 59,4m)$$

$$P_2 = 15,6 \text{ kg}$$

Esfuerzo para mover verticalmente el material P3

El esfuerzo para mover verticalmente el material se calcula con la misma fórmula a continuación:

$$P_3 = \frac{Q * H}{3,6 * v} = q_m * H$$

La altura H a la que se elevara el material es de 1,5mts.

$$P_3 = 8,33 \frac{kg}{m} * 1,8m = 15 \text{ kg}$$

Habiendo calculado P_1, P_2 y P_3 , se obtiene el esfuerzo que deberá hacer el tambor motriz. Queda:

Esfuerzo en la periferia del tambor motriz

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ [kg]}$$

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ [kg]}$$

$$P = 17,98 \text{ kg} + 15,6 \text{ kg} + 15 \text{ kg}$$

$$\mathbf{P = 48,6 \text{ kg}}$$

Potencia requerida

Calculado el esfuerzo que deberá hacer el tambor motriz para mover la carga, se calcula la potencia requerida.

$$N = \frac{P * v}{75}$$

$$N = \frac{48,6 \text{ kg} * 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{75}$$

$$N = 0,324 \text{ cv} = 0,21 \text{ kw}$$

Selección del motor eléctrico

Conocida la potencia que se requiere para mover la cinta con la carga requerida, se procede a seleccionar el motor. Para esto primero se calcula la potencia requerida por el motor. La misma se deriva de la potencia requerida afectada por el rendimiento propio del motor y reductor. Se considera un rendimiento del propio motor del 90% y un rendimiento del reductor del 90%.

$$P_{Motor} = \frac{P}{\mu_{motor} * \mu_{reductor}}$$

$$P_{Motor} = \frac{0,21 \text{ kw}}{0,90 * 0,90}$$

$$P_{Motor} = 0,26 \text{ kw}$$

Con esta potencia pasaremos a seleccionar de tabla de catalogo Weg W22 el motor eléctrico trifásicos de alta eficiencia.

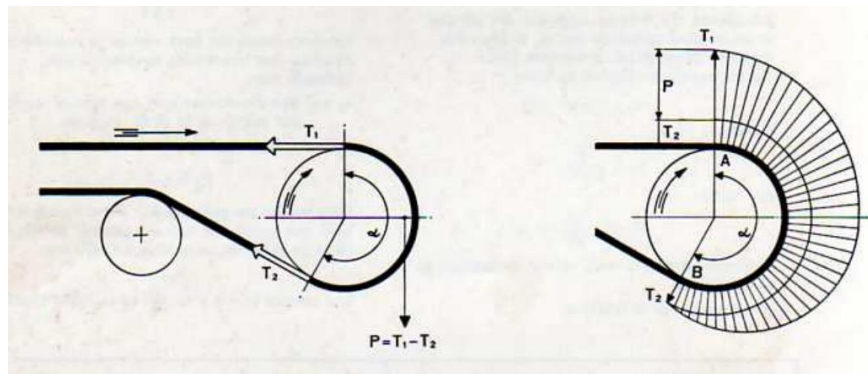
W22 - High Efficiency - 50 Hz
Exceeds IE2 ⁽¹⁾ - EFF1 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I/ In	Par con rotor trabado T/ Tn	Par máximo Tb/ Tn	Momento de Inercia J (kgm²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	380 V								Corriente nominal In (A)
												RPM	% de la potencia nominal							
													Rendimiento			Factor de potencia				
KW	HP							Caliente	Frio				50	75	100	50	75	100		
IV Polos - 1500 rpm - 50 Hz																				
0,12	0,16	63	0,830	3,9	1,8	2,0	0,00039	51	112	5,7	44	1360	56,8	58,7	58,4	0,58	0,71	0,80	0,390	
0,18	0,25	63	1,25	4,3	2,2	2,2	0,00055	40	88	7,2	44	1360	60,4	61,3	60,1	0,59	0,72	0,81	0,562	
0,25	0,33	71	1,76	4,0	2,1	2,2	0,00055	68	150	7,0	43	1340	64,1	66,1	65,0	0,58	0,71	0,79	0,740	
0,37	0,5	71	2,59	4,2	2,5	2,5	0,00066	48	106	8,0	43	1345	66,9	68,5	67,4	0,55	0,68	0,77	1,08	
0,55	0,75	80	3,73	5,8	2,4	2,8	0,0022	18	40	10,5	44	1400	76,5	76,7	75,7	0,66	0,78	0,85	1,30	
0,75	1	80	5,08	6,0	2,6	2,9	0,0029	15	33	13,5	44	1400	80,1	79,6	78,9	0,68	0,80	0,86	1,68	
1,1	1,5	90S	7,30	6,5	1,9	2,6	0,0049	14	31	19,0	49	1432	81,9	81,8	81,5	0,67	0,78	0,83	2,47	
1,5	2	90L	9,95	6,3	2,0	2,8	0,0055	10	22	22,0	49	1430	82,8	83,2	82,4	0,63	0,77	0,83	3,33	
2,2	3	100L	14,8	6,6	3,1	3,2	0,0082	16	35	30,5	53	1415	84,5	84,3	83,5	0,68	0,79	0,83	4,82	
3	4	100L	20,2	6,5	3,2	3,3	0,0097	14	31	33,0	53	1410	85,6	85,4	84,8	0,68	0,79	0,84	6,40	

Selección de la Banda

Para seleccionar la banda deberemos determinar a las tensiones a las que estará sometida la misma. Para la teoría de transmisión de potencia con correas planas se sabe que el esfuerzo periférico en la llanta de la polea motriz corresponde al par motriz

transmitido y depende de la diferencia de tensiones entre el ramal tensado y ramal flojo.



Se tendrá que:

$$P = T_1 - T_2$$

Siendo:

P : Esfuerzo periférico total = 41 kg

T_1 : Tensión encima del tambor motriz (o debajo si actúa como freno)

T_2 : Tensión debajo del tambor motriz (o encima si actúa como freno)

A su vez pasando del punto A al B, la tensión de la correa pasa, siguiendo una ley de variación exponencial, del valor T_1 al valor T_2 :

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\alpha \cdot \mu}$$

Siendo:

α : Angulo de contacto entre la banda y el tambor.

μ : coeficiente de fricción entre la banda y el tambor.

Esta ley es importante ya que para garantizar que la banda no deslice sobre el tambor si se da que

$$\frac{T_1}{T_2} \geq e^{\alpha \cdot \mu}$$

La banda deslizara.

De estas últimas expresiones se llega a qué:

$$T_1 = P * K1$$

$$T_2 = P * K2$$

Siendo K_1 y K_2 variables que son en función de α , μ y f el cual es un coeficiente de adherencia según el tipo de tambor y de tensor seleccionado, en nuestro caso seleccionaremos un tambor normal y un tensor a tornillo. De esto sale que $f = 0,2$.

Coeficiente convencional de adherencia f_1 :

TIPO DE TENSOR			
A tornillo		A contrapeso	
Tambor normal	Tambor revestido	Tambor normal	Tambor revestido
0,20	0,25	0,30	0,35

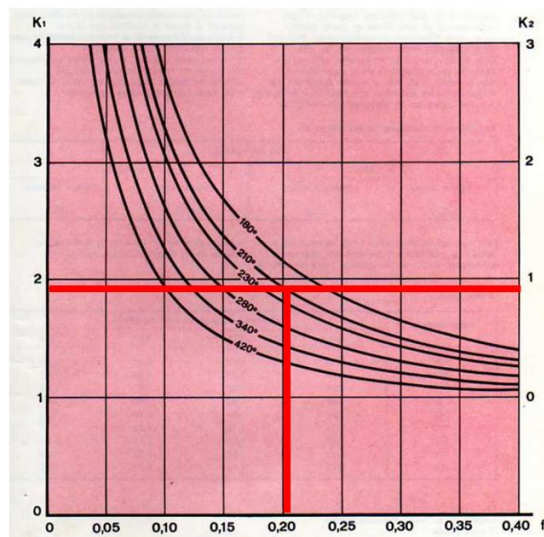
A su vez el ángulo de contacto entre la banda y el tambor α será de 210° .

Con eso ya estamos en condiciones de hallar los valores de los coeficientes K_1 y K_2 .

Del grafico sale que:

$K_1 = 1,9$

$K_2 = 0,9$



Entonces las tenciones T_1 y T_2 quedan:

$$T_1 = P * K_1$$

$$T_1 = 41kg * 1,9$$

$$T_1 = 78 kg$$

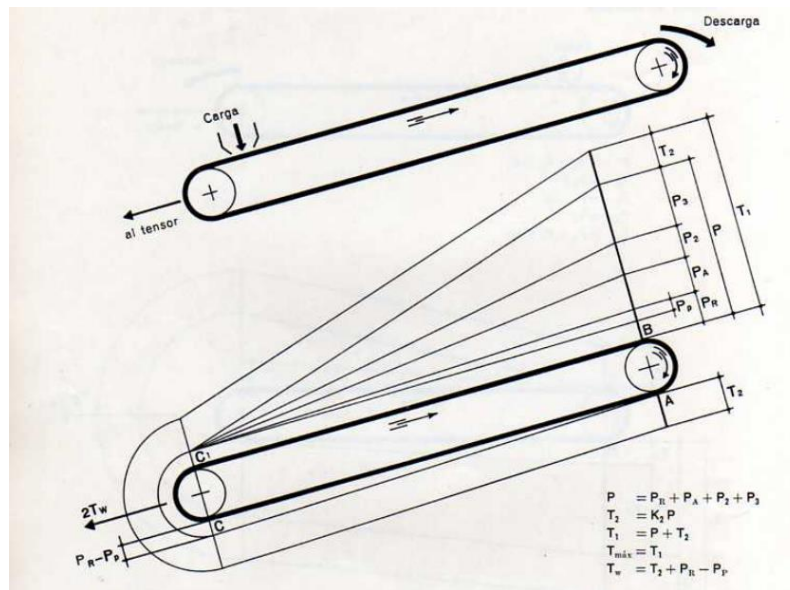
$$T_2 = P * K_2$$

$$T_2 = 41kg * 0,9$$

$$T_2 = 41kg * 0,9$$

$$T_2 = 37kg$$

Se elije la siguiente configuración de cinta: Ascendente con cabeza motriz superior.



De aquí se obtiene que la tensión máxima que soportara la cinta, valor con el que se seleccionara el tipo de banda, queda:

$$T_{max} = T_1$$

$$T_{max} = 78 \text{ kg}$$

Determinada la máxima tensión de la cinta T_{max} y establecido el ancho de la misma en ase al tipo y tamaño del material, el numero de telas necesario vendrá dado por la fórmula:

$$\text{Número de telas} = \frac{T_{max}}{L * Te}$$

Siendo:

L : ancho de la cinta = 30 cm

Te: carga de trabajo de la cinta en kilogramos por centímetro de ancho y por tela.

Te se selecciona de la siguiente tabla, se elije un tejido de algodón de 28 onzas con unión vulcanizada, de esto deriva que $Te = 5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$.

TIPO DE TEJIDO	Carga de trabajo máxima recomendada de la cinta en kilogramos por centímetros de ancho y por tela	
	Unión metálica	Unión vulcanizada
L = Algodón de 28 onzas	4,5	5
M = Algodón de 32 onzas	5,5	6
CN6 = Algodón-Nylon	5,5	6
P = Algodón de 35 onzas	6,5	7
CN7 = Algodón-Nylon	6,5	7
Ny 12,5 = Nylon-Nylon	12,5	12,5
Ny 20 = Nylon-Nylon	20	20
Ny 31,5 = Nylon-Nylon	25 (*)	31,5
Ry-Ny 10 = Rayón-Nylon	7,5 (**)	10
Ry-Ny 16 = Rayón-Nylon	12 (**)	16
Ry-Ny 20 = Rayón-Nylon	14 (**)	20

Entonces queda:

$$\text{Número de telas} = \frac{T_{max}}{L * Te}$$

$$\text{Número de telas} = \frac{78kg}{30cm * 5 \frac{kg}{cm}}$$

$$\text{Número de telas} = 0,52$$

De esto adoptaremos una banda con una sola tela.

Selección de recubrimiento

Determinado el ancho, velocidad, el tipo y número de telas de la cinta, no queda más que determinar la calidad y el espesor de la cubierta de goma. El tipo y espesor de la goma dependen de la intensidad y frecuencia de la acción abrasiva del material sobre la cubierta de la cinta. La frecuencia de la acción abrasiva viene dada por el número de veces que una determinada sección de la cinta pasa bajo la tolva de carga. Se selecciona un recubrimiento de 5 mm del material nomafer B, el cual tiene características mecánicas medias.

Tiempo empleado en una vuelta completa de la cinta seg	Calidad de la cobertura	Material transportado															
		No abrasivo				Medianamente abrasivo				Muy abrasivo				Muy abrasivo y pesado			
		Tamaño del material (mm)															
		5	35	125	150	5	35	125	150	5	35	125	150	5	35	125	150
12	Lemafer C	5	—	—	—	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	2.5	5	8	9.5	5	9.5	—	—	8	—	—	—	9.5	—	—	—
	Dumafer A	1.5	3	6.5	8	3	6.5	9.5	—	5.5	9.5	9.5	9.5	8	9.5	9.5	9.5
24	Lemafer C	3	5	—	—	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	5	6.5	2.5	5	9.5	—	5	8	—	—	5.5	9.5	—	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	6.5	9.5	3	6.5	9.5	9.5	4	8	9.5	9.5
36	Lemafer C	2.5	4	7	—	4	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	6.5	9.5	3	5.5	9.5	—	5	8	—	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	6.5	3	4	6.5	9.5	3	5.5	9.5	9.5
48	Lemafer C	1.5	3	5	8	3	5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	7	3	4	8	—	3	5.5	9.5	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5.5	9.5	3	4	8	9.5
60	Lemafer C	1.5	2.5	4	6.5	2.5	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5.5	3	3	6.5	9.5	3	5	9.5	—
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	6.5	3	3	6.5	9.5
90	Lemafer C	1.5	2.5	3	6	2.5	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	6.5	3	3	6.5	9.5
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	5.5	3	3	5	6.5
120	Lemafer C	1.5	2.5	3	5	2.5	3	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nomafer B	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	5	5.5	3	3	5	9.5
	Dumafer A	1.5	2.5	3	5	2.5	3	4	5	3	3	4	5	3	3	5	6.5

Así, la cinta estará compuesta por un alma de una tela de Algodón de 28 onzas c/u, unidas mediante vulcanizado, mas 1 cubiertas de goma tipo nomafer b (PIRELLI) en la cara portante de 5 mm de espesor y 1 cubierta en la posterior, de 1,5 mm.

Selección del tambor motriz y de cola

Se procede a calcular el diámetro del tambor motriz según norma DIN22101 donde

$$D[m] = \frac{36 * P[N]}{1800 * \text{Angulo de agarre } [^\circ] * \pi * \text{ancho de banda}[m]}$$

$$D = \frac{36 * 410}{1800 * 210^\circ * \pi * 0,3}$$

$$D = \frac{36 * 410}{1800 * 210^\circ * \pi * 0,3}$$

$$D = 0,15m$$

3.3.5 Diseño: Sistema de llenado de macetas

Para realizar el llenado de las macetas con sustrato se dimensionará un sistema que permitirá realizar el llenado de las mismas sin que los operadores tengan que manipular ni estar en contacto con el sustrato. De esta forma se disminuirán los esfuerzos requeridos para realizar esta tarea.

Como se definió en el alcance del proyecto, se limitará la tarea de los operadores en separar las macetas e introducir las mismas en una serie de moldes que cumplan 2 funciones, por un lado servirán de sosten para poder llenar las macetas con el sustrato y a su vez servirán para trasladar las macetas a los distintos puntos del invernadero de forma ergonómica.

Diseño y Secuencia de operaciones

Para realizar el dimensionamiento de esta parte del sistema se deberá tener en cuenta los siguiente puntos:

- Considerar que el tiempo requerido para el armado de los moldes y llenado de las macetas con sustrato permita cumplir con el llenado de las 4000 macetas por días.
- La colocación de las macetas vacías en los moldes debe ser de forma rápida y sencilla generando el menor esfuerzo posible por parte de los operadores
- Se debe tener en cuenta la cantidad de macetas que se incluyan en cada molde sabiendo que luego deberán ser manipulados de forma manual. Considerar que el peso de cada molde con las macetas llenas no supere los 6kg.
- Los moldes deberán ser reutilizables.

Anteriormente se dimensionaron las capacidades en conjunto del sistema teniendo en cuenta estas variables. Llegando a las capacidades de las mezcladora y las distintas cintas y tornillos que alimentan cada una de las tolvas que conforman el sistema.

De esta forma, se considero que las macetas deberán estar un tiempo aproximado de 4 segundos debajo del punto de descarga de sustrato, teniéndose que llenar 2 macetas a la vez. Esto se definió teniendo en consideración que la descarga del sustrato sobre la maceta debe ser de forma progresiva, generando un efecto de “lluvia” de forma tal que las macetas no tengan posibilidad de desfondarse por el peso propio del sustrato y a su vez evitar golpes bruscos que puedan volcar o desacomodar las mismas. De esto se desprende que la velocidad lineal de la cadena que transportara a las macetas deberá ser de 2,25 m/min.

De esto queda:

- Velocidad de transporte: 2,25 m/min
- Largo cadena: 4 m

Se realizara un diseño especial de cadena, los eslabones y coronas se seleccionaran por catalogo estandar y se dimensionaran teniendo de referencia el libro “Diseño de elementos de máquinas – Cuarta edicion. de: Robert L. Mott.” , sobre los eslabones se añadirán accesorios donde se acoplaran los moldes de las macetas permitiendo el traslado y llenado de las macetas.

En primer lugar se comenzará por diseñar en conjunto los accesorios de la cadena y los moldes.

Como se vio las dimensiones de las macetas son de 13 cm de diametro por 25 cm de alto. Las mismas son del tipo bolsas de prolipopileno con base circular. Una vez llenas toman una forma cilindrica. Tomando de referencia el volumen y la densidad del sustrato se puede calcular el peso estimado de una maceta llena.

Peso estimado por maceta: 3,7 kg

Sabiendo el peso unitario de cada maceta se puede concluir que los moldes deberán contener un máximo de 2 macetas, ya que superando esta cantidad los operadores comenzarán a realizar un esfuerzo considerable para poder transportarlas. A su vez se debe hayar la forma de trasladar estos moldes con las macetas vacias de forma tal que la maceta soporte la carga ejercida por el sustrato al momento de el llenado sin que la misma se deforme.

Luego de pensar en varias alternativas y realizar distintos dibujos y bosquejos, se llega a la siguientes propuesta:

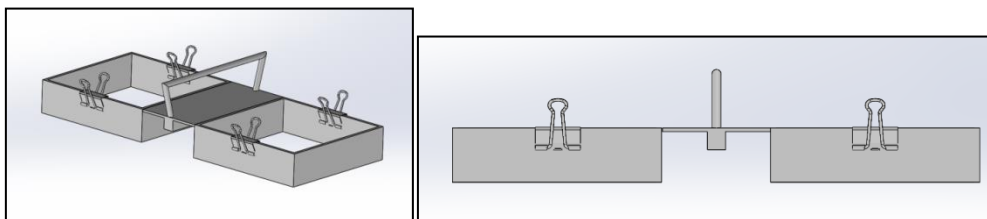


Fig 3-11: Moldes para sostener las macetas

Este molde esta formado por 2 bases cuadrangulares con 2 ganchos cada una, las cuales permitirá servir de sosten al momento de llenado de la maceta con sustrato y tambien para trasladarlas de forma ergonomica. Se opto por que las bases sean cuadrangulares en lugar de circulares, ya que la maceta al estar vacia pueden adoptar cualquiera de las dos formas, los moldes al ser cuadrangulares son mas faciles de fabricar, a su vez se podrá lograr un mejor agarre de los ganchos con la maceta en una superficie recta y tambien a la hora de realizarse el llenado de las macetas se podran colocar mas cerca una de otras aprovechando mejor el espacio.

Los operadores ubicados en la estacion de llenado, se limitarán a colocar las bolsas en los moldes fijandolas con los ganchos y luego acoplar los moldes al sistema de transporte.

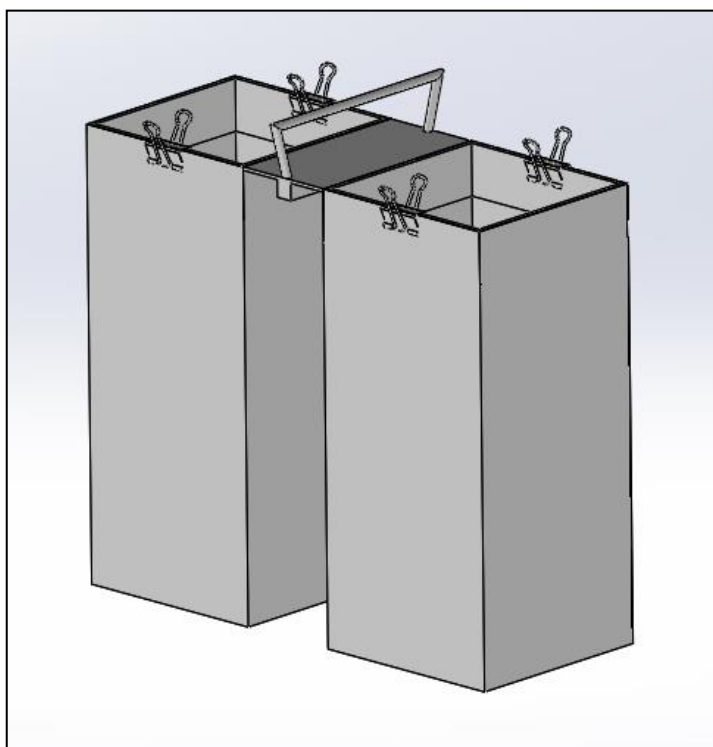


Fig 3-11: Moldes con macetas colocadas

Estos moldes con las macetas vacías se acoplarán a una cadena de transporte con unos accesorios especialmente diseñados. A continuación se observa los moldes acoplados a la cadena.

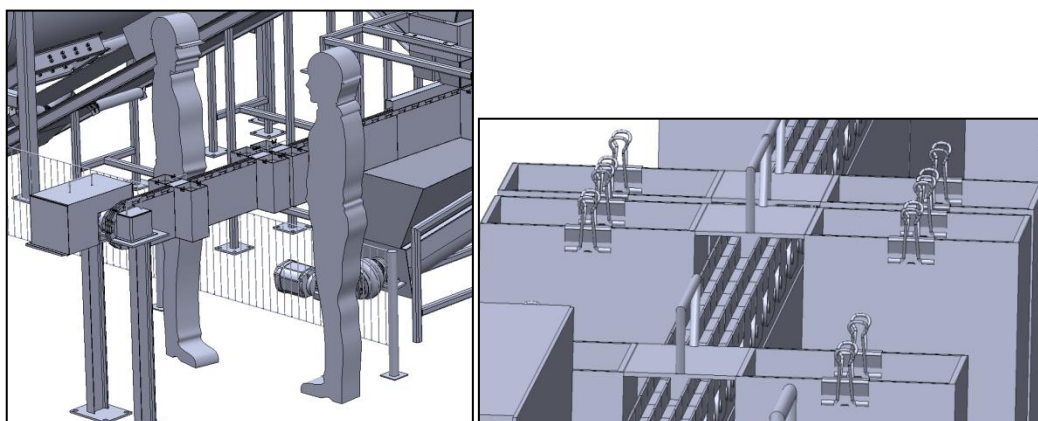


Fig 3-12: Moldes con macetas vacías sobre cadena de transporte

A medida que los operadores vayan colocando los moldes sobre la cadena, las mismas irán avanzando y pasarán por debajo de la descarga de la cinta de alimentación C1.

Para la descarga del sustrato se realizó un sistema para guiar al mismo en 2 etapas. Como se comentó, la dosificación del sustrato para realizar el llenado no es precisa, se dimensionó para generar un efecto tipo “lluvia” por donde irá pasando las macetas y se calculó de forma tal que las macetas se vean expuestas a una descarga de sustrato

mayor al volumen de las mismas, de forma tal de evitar que no sean llenadas por completo.

Para guiar al sustrato hacia las macetas se realizó un sistema de 2 etapas. La misma consiste en un canalón cerrado con un perfil desalineado respecto a la descarga de la cinta C1 con vibrador eléctrico sobre el cual impactará el sustrato, el movimiento axial generado sobre esta estructura, evitarán que el sustrato tome una dirección de descarga específica y además que se atasque, esto colaborará a formar el efecto lluvia. En la segunda etapa consta también de un canalón cerrado con una separación en la descarga de 2 bocas que guiarán finalmente el sustrato hacia las macetas.

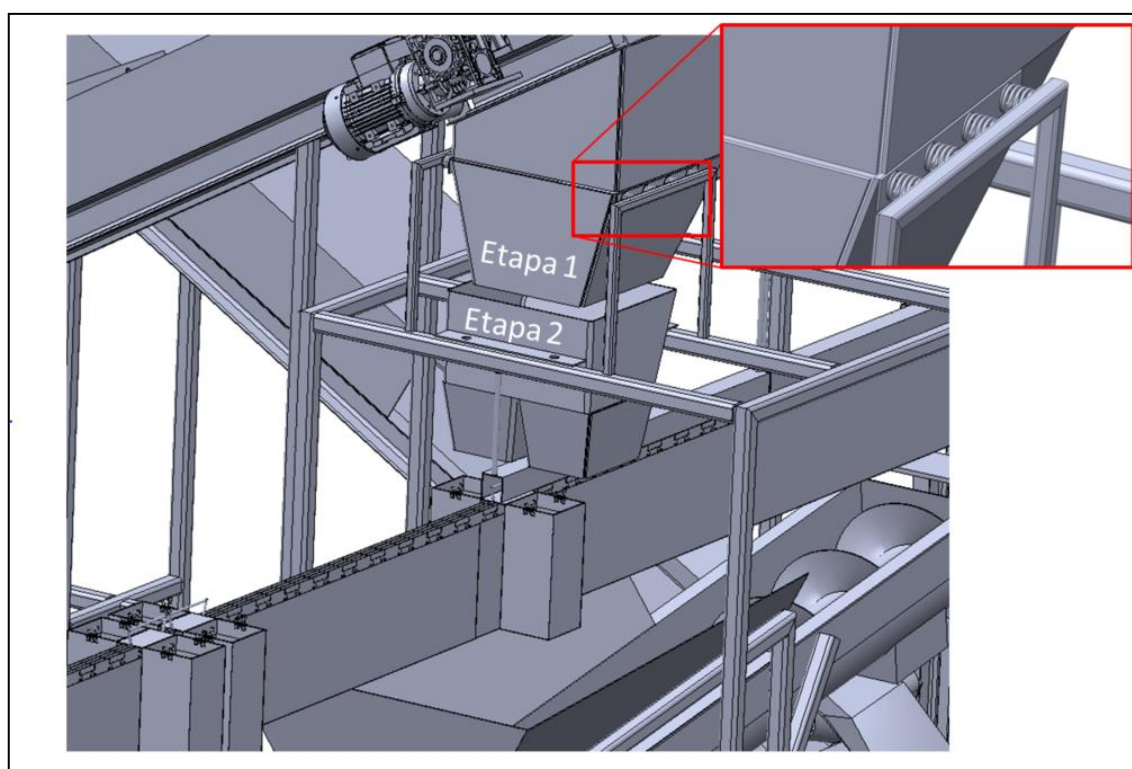


Fig 3-13: Sistema de dosificación

El sustrato que no ingrese a las macetas, se recuperará con el sistema de retorno.

Cálculos iniciales cadena

Se utilizará una cadena seleccionada del catálogo de la marca Power Chain. Lo más importante en este caso es seleccionar una cadena que desde lo dimensional permita instalar los accesorios para poder acoplar los moldes. De esto dependerá en gran parte la estabilidad de los moldes a la hora de realizar el llenado y evitar que las mismas se vuelquen. A continuación se marcan la cadena y rueda dentada seleccionada.

Cadena A

- Modelo S2
- Largo: 4 mts
- Paso: 50,8mm

Rueda dentada

- Cantidad de dientes: 12
- Diámetro primitivo: 196,2 mm
- Diámetro externo: 216 mm

Cadena lisa											
Cadena tipo	Paso P mm.	Carga de rotura Kg.	Peso por metro	Dimensiones en mm.							
				W	ØD	H	T	ØE	A	B	
S2	50,8	1000	3,8	12,7	25	19	3,2	6	32	12,7	
S3	76,2		2,8								
SM 3	76,2	2500 y 5000	3,46	15,8	31,7	25,4	3,2	8	36	15,9	
SM 4	101,6		2,91								
SM 6	152,4		2,36								
SRM 4	101,6	6000 y 10000	6,63	19	47,6	38,1	4,76	12	50	19	
SRM 6	152,4		5,35								
SRM 8	203,2		4,70								
SRMG 6	152,4	12000	17	26	68	50,8	7,9	15,8	70	28,5	
SRMG 8	203,2		14,3								

La medida **A** corresponde al largo del perno unión.
La medida **B** es solamente para cadena de bujes sin rodillo.

Corona para cadenas a rodillo "Serie S" - Transportadoras a perno sólido											
		Cubo a un lado		Cubo a ambos lados							
Cadena Tipo	Paso P mm.	N° de dientes	Diámetro primitivo Dp. mm.	Diámetro exterior De. mm.	Diámetro cubo C mm.	Diámetro eje máx. D mm.	T mm.	E mm.	L1 mm.	L2 mm.	
S 2	50,8	8	132,7	153	60	20	11	30	41	51	
		12	196,2	216	70	35		35	46	57	
		16	260,4	280	80	40		35	46	57	
		24	389,2	409	90	45		50	61	76	
S 3	76,2	8	199,1	219	90	45	11	30	46	57	
		12	294,4	314	90	45		35	46	57	
		16	390,5	410	100	50		50	61	76	
		24	583,8	603	100	50		50	61	76	
SM 3	76,2	8	199,1	224	90	45	14	31	45	56	
		12	294,4	320	120	60		46	60	75	
		16	390,5	416	130	65		56	70	87	
		24	583,8	609	130	65		56	70	87	
SM 4	101,6	8	265,5	291	90	45	14	33	47	59	
		12	392,5	418	100	50		48	61	76	
		16	520,7	546	100	50		68	82	102	
		24	778,4	804	110	55		73	87	109	

Cálculo velocidad de giro

Se calculó que la velocidad de avance de la cadena debe ser de 2,25 m/min. De aquí se puede calcular la velocidad angular n a la que deberán girar las ruedas dentadas.

$$V = \frac{p \cdot z \cdot n}{60} \quad (3.24)$$

Donde,

p = paso de la cadena [m]

z = numero de dientes rueda dentada

n = velocidad de giro [rpm]

De aca se desprende que la velocidad de giro deberá ser de 4 rpm.

Cálculo de potencia

El peso promedio por maceta llena con sustrato sera de 3,7kg teniendo cada molde 2 macetas, en la peor situacion la cadena podra estar cargada con 30 macetas con tierra dando un peso de aproximadamente 110kg. De aquí podemos obtener el torque maximo.

$$Tm = 0,108m \cdot 1078N$$

$$Tm = 116 N \cdot m$$

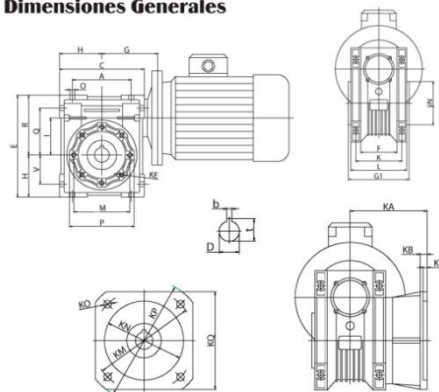
Teniendo el torque y velocidad angular, se estima la potencia requerida por el motor.

$$Potencia [w] = Tm [Nm] \cdot Rpm \cdot 2 \cdot \pi / 60$$

$$Potencia[w] = 48$$

Se selecciona un moto reductor de la marca alfa transmisiones modelo NMRV-40 de 0,12 hp.

Dimensiones Generales



Relación Nominal	RPM de salida	Velocidad de entrada n1=1500 rpm									
I	n2(rpm)		NMRV-25	NMRV-30	NMRV-40	NMRV-50	NMRV-63	NMRV-75	NMRV-90	NMRV-110	NMRV-130
7.5	200	Hp	0.12	0.25	0.5	1	2	4	5.5	10	12.5
		M2	0.14	0.90	2	3.17	6.80	12.51	17.67	32.20	40.28
		η	0.85	0.85	0.89	0.89	0.87	0.87	0.90	0.90	0.90
10	150	Hp	0.12	0.3	0.75	1	2	4	5.5	10	12.5
		M2	0.5	1.17	3.05	4.11	9.02	16.80	23.27	42.47	53.11
		η	0.85	0.82	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.89	0.89
15	100	Hp	0.12	0.25	0.5	1	2	3	4	7.5	10
		M2	0.73	1.37	2.84	5.88	11.84	17.78	24.56	46.19	62.3
		η	0.85	0.77	0.79	0.82	0.83	0.83	0.86	0.86	0.87
20	75	Hp	0.12	0.25	0.5	1	2	3	4	7.5	10
		M2	0.85	1.74	3.69	7.51	15.40	23.38	31.94	60.90	81.16
		η	0.82	0.73	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.85
25	60	Hp	0.12	0.25	0.34	0.75	1	1.75	3	5.5	10
		M2	1.15	2.02	2.95	6.67	9.24	16.33	29.30	55.15	100.26
		η	0.80	0.68	0.73	0.74	0.77	0.78	0.82	0.84	0.84
30	50	Hp	0.12	0.16	0.34	0.75	1	1.5	3	5.5	7.5
		M2	1.26	1.46	3.43	7.66	10.17	16.23	33.02	62.17	85.94
		η	0.80	0.64	0.70	0.71	0.71	0.76	0.77	0.79	0.8
40	37.5	Hp		0.16	0.34	0.5	1	1.5	2	4	5.5
		M2		1.80	4.19	6.24	13.35	20.62	28.56	58.89	81.93
		η		0.59	0.65	0.65	0.70	0.72	0.75	0.77	0.78
50	30	Hp		0.12	0.25	0.5	0.75	1	2	3	5.5
		M2		1.54	3.70	6.91	11.74	16.42	34.44	52.50	97.16
		η		0.54	0.62	0.58	0.66	0.69	0.72	0.73	0.74
60	25	Hp		0.12	0.16	0.34	0.75	1	1.5	3	4
		M2		1.16	2.66	5.71	13.48	18.66	29.69	61.88	82.50
		η		0.51	0.58	0.59	0.63	0.65	0.69	0.72	0.72
80	18.7	Hp		0.08	0.16	0.25	0.5	0.75	1	2	3
		M2		1.37	3.19	5.11	10.81	17.23	24.05	49.60	76.98
		η		0.45	0.52	0.53	0.56	0.60	0.63	0.65	0.67
100	15	Hp			0.12	0.16	0.5	0.75	1	1.5	2
		M2			2.70	3.63	11.38	17.18	25.20	44.14	60.16
		η			0.47	0.48	0.48	0.48	0.53	0.62	0.63

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones y recomendaciones académicas

Con este trabajo pude implementar muchos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, en lo particular destaco que a la hora de dimensionar los distintos equipos, en primer lugar las capacidades y en segundo lugar realizar los dibujos en 3d, encuentre la dificultad que al dibujarlos y acoplarlos dimensionalmente muchas piezas no encajaban o se chocaban entre si. Esto me permitió reflexionar y desarrollar un metodo para encarar el trabajo de otra forma anticipandome a estos problemas. Considero que esta ultima experiencia me va a servir mucho para aplicar en futuros trabajos en mi carrera laboral.

4.2 Conclusiones y recomendaciones técnicas

La instalación desarrollada en este trabajo permite encontrar una posible solución a un problema que tienen todos los viveros de alta producción. El nuevo sistema se pensó y diseño de forma que la solución sea sencilla, se destaca que el diseño es único y no existe algo similar, pero las distintas piezas y que equipos que lo conforman son estandar y se encuentran facilmente en el mercado, haciendo viable la posibilidad de implementación. El sistema logra disminuir los esfuerzos realizados por los operarios al mismo tiempo que se logra una disminución en la cantidad de mano de obra requerida para esta tarea. En caso que se requiera un aumento en la producción del vivero con este sistema se tiene la posibilidad de duplicar y hasta triplicar la cantidad de macetas a llenar por día agregando más turnos, ej turno noche.

5. Bibliografía

- [1] Fonteno, D. Sustratos: tipos y propiedades físicas químicas. Bogotá 1999. Pp.93-123
- [2] ANSORENA-MINER, J. Sustratos: Propiedades y caracterización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España,1992. 172 p.
- [3] Arango, E. Viveros protegidos de cítricos, vol.24. 2007.
- [4] Boodt, M. De,O.Verdonck y i Cappaert. 1974. Method for measuring the waterrelease curve of organic substrates. Acta Horticulturae 37:2054-2062. 1974
- [5] Bellini, E. Curso sobre propagación de plantas frutales. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Córdoba. 1996

6. Anexos

6.1 Catálogos y normas

A continuación se nombran los catálogos y normas utilizados para seleccionar y calcular los distintos componentes de las máquinas.

- Anexo A: Pirelli - Manual de cálculo de cintas transportadoras
- Anexo B: Rotrans – Accesorios para cintas transportadoras

Distancia entre estaciones superiores e inferiores (L1)

Tabla A

ANCHO DE BANDA (mm)	SUPERIORES		INFERIORES
	& = 0,6	& = 0,6	
400	1,35	1,35	3,00
500	1,35	1,20	3,00
650	1,20	1,10	3,00
800	1,20	1,00	3,00
1000	1,00	1,00	3,00
1200	1,00	1,00	3,00
1400	1,00	1,00	3,00
1600	1,00	1,00	3,00
1800	1,00	1,00	3,00
2000 Y ^	1,00	1,00	2,40

& = PESO ESPECIFICO EN Tm/m²

R.P.M. de los rodillos en función de la velocidad del transportador

Tabla I

VELOCIDAD BANDA M/S	DIAMETRO DEL RODILLO mm										
	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152,4	159	193,7
0,25	75	88	63	53	47	44	38	36	31	30	25
0,50	150	136	126	107	90	88	75	72	63	60	49
0,75	225	205	189	161	141	132	113	107	94	90	74
1,00	300	273	251	214	188	176	150	143	125	120	98
1,25	376	341	314	268	235	221	188	179	157	150	123
1,50	451	409	377	322	282	265	226	215	188	180	148
1,75	526	478	440	375	329	309	263	251	219	210	172
2,00	601	546	503	429	376	353	301	287	251	240	197
2,25	676	614	566	483	423	398	338	323	282	270	222
2,50	752	682	628	536	470	442	376	359	313	300	246

RODAMIENTO 6204 EJE Ø20

Serie M / S-20

DIAMETRO RODILLO (mm)	D	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152	159
ESPESOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3,6	3,8	4	4	4,5	5
CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2	2,2	2,4	3
CONSTANTE PESO P. MÓVILES	T1	1	1,2	1,2	1,4	2	2,3	2,8	2,9	3,3	4

Colocación en "V"



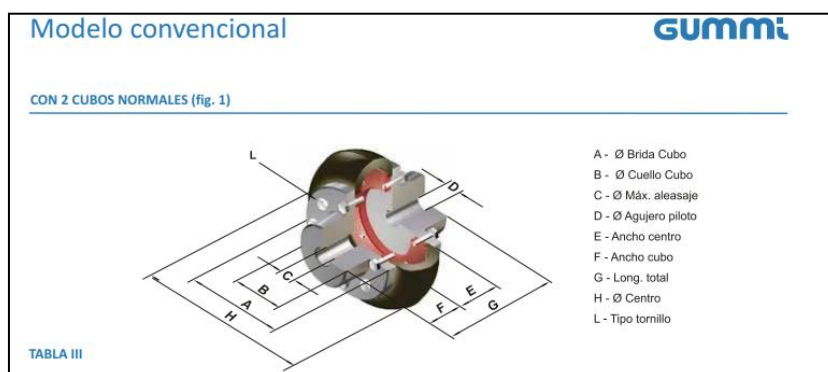
BANDA	A	B	C	Peso rodillo Ø63,5	Peso partes móviles Ø63,5
300	200	208	226	2,09	1,50
400	250	258	276	2,44	1,75
500	315	323	341	2,90	2,05
650	380	388	406	3,35	2,35
800	465	473	491	3,95	2,73
1000	600	608	626	4,90	3,34
1200	700	708	726	5,61	3,79
1400	800	808	826	6,31	4,24
1600	900	908	926	7,01	4,69
1800	1000	1008	1026	7,72	5,14
2000	1100	1108	1126	8,42	5,60

- Anexo C: SKF - catálogo de rodamientos

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación	Serie
d	D	T	C	C ₀	P ₀	Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm/pulg.			kN		kN	r. p. m.		kg	—	—
45,237 1.781	87,312 3.4375	30,162 1.1875	102	132	15	6 000	8 500	0,85	3585/3525/Q	3500
	87,312 3.4375	30,162 1.1875	102	132	15	6 000	8 500	0,85	3586/3525/Q	3500
45,242 1.7812	73,431 2.891	19,558 0.77	53,9	75	8,15	6 700	9 500	0,31	LM 102949/910/Q	LM 102900
	77,788 3.0625	19,842 0.7812	53,9	69,5	7,65	6 300	9 000	0,37	LM 603049/011/Q	LM 603000
45,618 1.796	82,931 3.265	26,988 1.0625	80,9	106	11,8	6 000	9 000	0,59	25590/25523/Q	25500
	83,058 3.27	23,876 0.94	80,9	106	11,8	6 000	9 000	0,55	25590/25522/Q	25500
46,038 1.8125	79,375 3.125	17,462 0.6875	49,5	62	6,8	6 300	9 000	0,33	18690/18620/Q	18600
	85 3.3465	20,638 0.8125	70,4	81,5	9,3	6 000	8 500	0,49	359 S/354 X/Q	355
47,625 1.875	88,9 3.5	20,638 0.8125	76,5	91,5	10,4	5 600	8 000	0,55	369 S/2/362 A/2/Q	365
	95,25 3.75	30,162 1.1875	108	146	17,3	5 000	7 500	0,95	HM 804846/2/810/2/Q	HM 804800
	101,6 4	34,925 1.375	151	190	22,8	5 000	7 500	1,25	528 R/522	525
	114,3 4.5	44,45 1.75	183	224	25	4 500	6 700	2,2	65390/65320/QCL7C	65300
50,8 2	88,9 3.5	20,638 0.8125	76,5	91,5	10,4	5 600	8 000	0,5	368 A/362 A/Q	365
	90 3.5433	20,638 0.8125	76,5	91,5	10,4	5 600	8 000	0,5	368 A/362 A/Q	365
	93,264 3.6718	30,162 1.1875	110	146	17	5 300	7 500	0,87	3780/3720/Q	3700
	104,775 4.125	36,512 1.4375	145	204	22,4	4 500	6 700	1,5	HM 807046/010/QCL7C	HM 807000
50,8 2	104,775 4.125	39,688 1.5625	187	285	32	4 800	7 000	1,65	4580/2/4535/2/Q	4500

Dimensiones principales			Capacidad de carga básica		Carga límite de fatiga	Velocidades nominales		Masa	Designación	Serie
d	D	T	C	C ₀	P ₀	Velocidad de referencia	Velocidad límite			
mm/pulg.			kN		kN	r. p. m.		kg	—	—
66,675 2.625	112,712 4.4375	30,162 1.1875	142	204	23,6	4 300	6 300	1,15	39590/39520/Q	39500
	112,712 4.4375	30,162 1.1875	123	183	21,2	4 300	6 300	1,15	3984/2/3920/2/Q	3900
	119,985 4.7238	32,75 1.2894	142	204	23,6	4 300	6 300	1,2	39590/39528/Q	39500
	135,755 5.3447	53,975 2.125	286	400	45,5	3 800	5 600	3,65	6386/K-6320/Q	6300
69,85 2.75	120 4.7244	32,545 1.2813	154	228	26,5	4 000	6 000	1,5	47487/47420 A/Q	47400
	127 5	36,512 1.4375	176	255	29	3 800	5 600	1,9	566/563/Q	565
73,025 2.875	127 5	36,512 1.4375	176	255	30,5	3 800	5 600	1,8	567/563	565
76,2 3	109,538 4.3125	19,05 0.75	58,3	102	11	4 000	6 000	0,6	L 814749/710/QCL7C	L 814700
	127 5	30,162 1.1875	138	204	24	3 800	5 300	1,45	42687/42620	42600
	133,35 5.25	33,338 1.3125	165	260	30	3 400	5 000	1,95	47678/47620/Q	47600
	139,992 5.5115	36,512 1.4375	187	280	32,5	3 400	5 000	2,45	575/572/Q	575
77,788 3.0625	161,925 6.375	49,212 1.9375	260	335	38	2 800	4 000	4,4	9285/9220/CL7C	9200
	127 5	30,162 1.1875	138	204	24	3 800	5 300	1,45	42690/42620	42600

- Anexo D: Gummi - catálogo de acoplamientos flexibles



ACOPLE CON CUBO NORMAL													BULONES	
MODELO	Torq. Nom. Nm	Angulo Torsión (°)	Peso (Kg.) ⁽¹⁾	Gd2 (Kg m2)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	Nr.	L- Cab. hex.
A-20	38	2°	1.05	0.0017	74	36	20	10	30	25	80	95	12	1/4 x 1/4
A-25	56	5°	1.09	0.0018	74	36	23	10	30	25	80	95	12	1/4 x 1/4
A-30	82	2°	2.40	0.0094	96	49	30	10	40	35	110	127	16	3/8 x 1/4
A-35	113	4°	2.65	0.0098	96	49	32	10	40	35	110	127	16	3/8 x 1/4
A-45	250	3°	5.00	0.0382	127	70	40	15	50	45	140	167	20	1/2 x 1
A-50	420	6°	5.32	0.0402	127	70	46	15	50	45	140	167	20	1/2 x 1
A-60	620	5°	12.50	0.1065	169	100	55	25	65	60	185	224	24	3/4 x 1 1/4
A-70	1170	9°	13.30	0.1593	169	100	65	25	65	60	185	224	24	3/4 x 1 1/4
A-80	1550	5°	24.90	0.594	218	116	75	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 1/4
A-90	2170	6°	26.00	0.639	218	116	85	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 1/4
A-95	2380	4°	34.90	0.912	235	138	90	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 1/4
A-105	3130	8°	44.00	0.982	235	138	100	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 1/4
A-120/120	4940	5°	86.00	3.80	297	195	120	45	120	130	380	403	20	1/2 x 2 1/4
A-140/140	8500	9°	94.00	3.82	297	195	140	45	120	130	380	403	20	1/2 x 2 1/4
A-155/155	9750	6°	126.00	5.76	350	220	155	50	140	150	440	470	28	1/2 x 2 1/4
A-165/165	12200	10°	135.00	5.85	350	220	165	50	140	150	440	470	28	1/2 x 2 1/4
A-170/170	170.20		12.22		150	70	30		80	345				
A-170/130	14630	7°	211.80	13.75	436	236	130	70	185	130	445	550	24	1/2 x 2 1/4
A-170/170			242.80	17.65	276	170	120		180	545				
A-200/90			192.60	13.30	186	90	40		100	385				
A-200/140	25190	11°	202.40	13.75	436	200	140	70	185	130	445	550	24	1/2 x 2 1/4
A-200/200			276.80	19.20	276	200	120		180	545				
A-240/150			364.70	51.50	225	150	100		160	556				
A-240/200	43060	4°	447.40	55.35	535	290	200	100	236	180	596	740	60	1/2 x 3 1/4
A-240/240			633.60	84.50	390	240	100		275	786				
A-300/150			370.00	50.70	225	150	110		160	556				
A-300/200			450.00	54.50	290	200	100		200	636				
A-300/250	86120	10°	640.00	69.40	535	350	250	100	236	275	786	740	60	1/2 x 3 1/4
A-300/300			695.00	83.70	390	300	100		275	786				

ACOPLE CON CUBO NORMAL													BULONES	
MODELO	Torq. Nom. Nm	Angulo Torsión (°)	Peso (Kg.) ⁽¹⁾	Gd2 (Kg m2)	A	B	C Máx	D Min	E	F	G	H	Nr.	L- Cab. hex.
A-20	38	2°	1.05	0.0017	74	36	20	10	30	25	80	95	12	1/4 x 1/4
A-25	56	5°	1.09	0.0018	74	36	23	10	30	25	80	95	12	1/4 x 1/4
A-30	82	2°	2.40	0.0094	96	49	30	10	40	35	110	127	16	3/8 x 1/4
A-35	113	4°	2.65	0.0098	96	49	32	10	40	35	110	127	16	3/8 x 1/4
A-45	250	3°	5.00	0.0382	127	70	40	15	50	45	140	167	20	1/2 x 1
A-50	420	6°	5.32	0.0402	127	70	46	15	50	45	140	167	20	1/2 x 1
A-60	620	5°	12.50	0.1065	169	100	55	25	65	60	185	224	24	3/4 x 1 1/4
A-70	1170	9°	13.30	0.1593	169	100	65	25	65	60	185	224	24	3/4 x 1 1/4
A-80	1550	5°	24.90	0.594	218	116	75	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 1/4
A-90	2170	6°	26.00	0.639	218	116	85	30	90	80	250	302	20	1/2 x 1 1/4
A-95	2380	4°	34.90	0.912	235	138	90	40	90	80	250	330	24	1/2 x 1 1/4

- Anexo E: WEG - catálogo de motores eléctricos trifásicos W22

W22 - High Efficiency - 50 Hz

Exceeds IE2 ⁽¹⁾ - EFF1 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I _L /I _n	Par con rotor trabado T _b /T _n	Par máximo T _b /T _n	Momento de Inercia J (kg·m²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	380 V								Corriente nominal I _n (A)
								Caliente	Frio				% de la potencia nominal								
													Rendimiento			Factor de potencia					
													50	75	100	50	75	100			
IV Polos - 1500 rpm - 50 Hz																					
0,12	0,16	63	0,830	3,9	1,8	2,0	0,00039	51	112	5,7	44	1360	56,8	58,7	58,4	0,58	0,71	0,80	0,390		
0,18	0,25	63	1,25	4,3	2,2	2,2	0,00055	40	88	7,2	44	1360	60,4	61,3	60,1	0,59	0,72	0,81	0,562		
0,25	0,33	71	1,76	4,0	2,1	2,2	0,00055	68	150	7,0	43	1340	64,1	66,1	65,0	0,58	0,71	0,79	0,740		
0,37	0,5	71	2,59	4,2	2,5	2,5	0,00066	48	106	8,0	43	1345	66,9	68,5	67,4	0,55	0,68	0,77	1,08		
0,55	0,75	80	3,73	5,8	2,4	2,8	0,0022	18	40	10,5	44	1400	76,5	76,7	75,7	0,66	0,78	0,85	1,30		
0,75	1	80	5,08	6,0	2,6	2,9	0,0029	15	33	13,5	44	1400	80,1	79,6	78,9	0,68	0,80	0,86	1,68		
1,1	1,5	90S	7,30	6,5	1,9	2,6	0,0049	14	31	19,0	49	1432	81,9	81,8	81,5	0,67	0,78	0,83	2,47		
1,5	2	90L	9,95	6,3	2,0	2,8	0,0055	10	22	22,0	49	1430	82,8	83,2	82,4	0,63	0,77	0,83	3,33		
2,2	3	100L	14,8	6,6	3,1	3,2	0,0082	16	35	30,5	53	1415	84,5	84,3	83,5	0,68	0,79	0,83	4,82		
3	4	100L	20,2	6,5	3,2	3,3	0,0097	14	31	33,0	53	1410	85,6	85,4	84,8	0,68	0,79	0,84	6,40		

W22 - High Efficiency - 50 Hz

Exceeds IE2 ⁽¹⁾ - EFF1 ⁽²⁾

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Corriente con rotor trabado I _L / I _n	Par con rotor trabado T _b /T _n	Par máximo T _b /T _n	Momento de Inercia J (kg·m²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	380 V						Corriente nominal I _n (A)
								% de la potencia nominal											
								Rendimiento					Factor de potencia						
kW	HP							Caliente	Frio				50	75	100	50	75	100	
IV Polos - 1500 rpm - 50 Hz																			
0,12	0,16	63	0,830	3,9	1,8	2,0	0,00039	51	112	5,7	44	1360	56,8	58,7	58,4	0,58	0,71	0,80	0,390
0,18	0,25	63	1,25	4,3	2,2	2,2	0,00055	40	88	7,2	44	1360	60,4	61,3	60,1	0,59	0,72	0,81	0,562
0,25	0,33	71	1,76	4,0	2,1	2,2	0,00055	68	150	7,0	43	1340	64,1	66,1	65,0	0,58	0,71	0,79	0,740
0,37	0,5	71	2,59	4,2	2,5	2,5	0,00066	48	106	8,0	43	1345	66,9	68,5	67,4	0,55	0,68	0,77	1,08
0,55	0,75	80	3,73	5,8	2,4	2,8	0,0022	18	40	10,5	44	1400	76,5	76,7	75,7	0,66	0,78	0,85	1,30
0,75	1	80	5,08	6,0	2,6	2,9	0,0029	15	33	13,5	44	1400	80,1	79,6	78,9	0,68	0,80	0,86	1,68
1,1	1,5	90S	7,30	6,5	1,9	2,6	0,0049	14	31	19,0	49	1432	81,9	81,8	81,5	0,67	0,78	0,83	2,47
1,5	2	90L	9,95	6,3	2,0	2,8	0,0055	10	22	22,0	49	1430	82,8	83,2	82,4	0,63	0,77	0,83	3,33
2,2	3	100L	14,8	6,6	3,1	3,2	0,0082	16	35	30,5	53	1415	84,5	84,3	83,5	0,68	0,79	0,83	4,82
3	4	100L	20,2	6,5	3,2	3,3	0,0097	14	31	33,0	53	1410	85,6	85,4	84,8	0,68	0,79	0,84	6,40

- Anexo F: Rem – Reductores sin fin corona

Reductor: REM063						
i	n1	n2	M2(Nm)	Kw1	RD	sf
7,5	1400	186,7	68	1,5	89,1	1,9
10		140	88	1,5	88,6	1,4
15		93,3	126	1,5	82,4	1,1
20		70	166	1,5	81,8	0,8
25		56	146	1,1	79,7	0,9
30		46,7	162	1,1	72,3	1,0
40		35	207	1,1	70,6	0,7
50		28	124	0,55	67,5	1,1
60		23,3	140	0,55	64,5	0,9
80		17,5	115	0,37	57,9	1,1
100		14	129	0,37	51,1	0,9

• Anexo G: Siti – Reductores de velocidad

	NHL50		NHL60		NHL70		NHL90		NHL100	
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
n_1	Albero entrada / Input shaft / Antriebswelle / Arbre entrée / Eje de entrada / Eixo entrada									
1400	300	1500	460	2300	520	2600	900	4500	1100	5500
n_2	Albero uscita / Output shaft / Abtriebswelle / Arbre sortie / Eje de salida / Eixo saída									
700	600	3000	1800	9000	2000	10000	3000	15000	5000	25000
500	600	3000	1800	9000	2000	10000	3000	15000	5000	25000
300	1000	5000	1800	9000	2000	10000	3000	15000	4800	24000
250	1200	6000	2100	10500	2600	13000	3200	16000	4800	24000
200	1400	7000	2400	12000	3200	16000	3600	18000	5400	27000
150	1700	8500	2800	14000	3600	18000	3600	18000	6000	30000
100	2000	10000	3000	15000	4000	20000	4600	23000	7200	36000
80	2000	10000	3200	16000	4000	20000	4600	23000	8200	41000
70	2400	12000	3400	17000	5000	25000	5400	27000	9000	45000
50	2800	14000	3600	18000	5000	25000	5400	27000	10000	50000
30	3000	15000	4400	22000	5800	29000	6400	32000	10400	52000

• Anexo H: Power chain – Catalogo de cadena de transporte

Cadena tipo		Paso P mm.	Carga de rotura Kg.	Peso por metro	Dimensiones en mm.							
					W	ØD	H	T	ØE	A	B	
S2	50,8	1000	3,8	12,7	25	19	3,2	6	32	12,7		
S3	76,2	2500	3,46									
SM 3	76,2	3500	2,91	15,8	31,7	25,4	3,2	8	36	15,9		
SM 4	101,6	5000	2,36									
SRM 4	101,6	6000	6,63									
SRM 6	152,4	10000	5,35	19	47,6	38,1	4,76	12	50	19		
SRM 8	203,2		4,70									
SRMG 6	152,4	12000	17	26	68	50,8	7,9	15,8	70	28,5		
SRMG 8	203,2		14,3									

La medida **A** corresponde al largo del perno unión.
La medida **B** es solamente para cadena de bujes sin rodillo.

Corona para cadenas a rodillo "Serie S" - Transportadoras a perno sólido

Cadena Tipo	Paso P mm.	N° de dientes	Diámetro primitivo Dp. mm.	Diámetro exterior De. mm.	Diámetro cubo C mm.	Diámetro eje máx. D mm.	T mm.	E mm.	L1 mm.	L2 mm.
S 2	50,8	8	132,7	153	60	20	11	30	41	51
		12	196,2	216	70	35		35	46	57
		16	260,4	280	80	40		35	46	57
		24	389,2	409	90	45		50	61	76
S 3	76,2	8	199,1	219	90	45	11	30	46	57
		12	294,4	314	90	45		35	46	57
		16	390,5	410	100	50		50	61	76
		24	583,8	603	100	50		50	61	76
SM 3	76,2	8	199,1	224	90	45	14	31	45	56
		12	294,4	320	120	60		46	60	75
		16	390,5	416	130	65		56	70	87
		24	583,8	609	130	65		56	70	87
SM 4	101,6	8	265,5	291	90	45	14	33	47	59
		12	392,5	418	100	50		48	61	76
		16	520,7	546	100	50		68	82	102
		24	778,4	804	110	55		73	87	109

• Anexo I: Ansi/CEMA Standar N°. 350 – Screw conveyors for bulk materials

Carga de artesa	Dímetro (pulg)	Dímetro (mm)	Capac. a 1RPM (pie ³ /h)	Capac. a 1RPM (m ³ /h)	RPM max.	Max. Capac. (m ³ /h)	Vel. avance (m/s)	Carga de artesa	Dímetro (pulg)	Dímetro (mm)	Capac. a 1RPM (pie ³ /h)	Capac. a 1RPM (m ³ /h)	RPM max.	Max. Capac. (m ³ /h)	Vel. avance (m/s)
45%	4	101.6	0.62	0.018	184	3.2	0.31	30%B	4	101.6	0.41	0.012	72	0.8	0.12
	6	152.4	2.23	0.063	165	10.4	0.42		6	152.4	1.49	0.042	60	2.5	0.15
	8	203.2	5.0	0.143	145	26.0	0.59		8	203.2	3.45	0.100	55	8.5	0.21
	10	254	8.9	0.253	125	48.4	0.64		10	254	6.0	0.170	50	11.8	0.23
	12	304.8	15.4	0.439	105	79.7	0.74		12	304.8	10.9	0.305	45	18.3	0.25
	14	355.6	22.3	0.634	85	123.7	0.83		14	355.6	15.6	0.442	40	29.5	0.30
	16	406.4	29.7	0.849	70	171.9	0.88		16	406.4	21.6	0.611	35	39.8	0.30
	18	457.2	37.6	1.064	55	229.7	0.91		18	457.2	28.5	0.800	30	57.3	0.34
	20	508	46.1	1.289	45	291.9	0.93		20	508	36.4	1.029	25	71.1	0.34
	24	609.6	67.6	1.914	30	464.4	1.02		24	609.6	54.6	1.546	20	123.5	0.41
	30	762	109	3.087	15	823.3	1.14		30	762	86.8	2.439	15	214.1	0.44
	36	914.4	164	4.644	10	1237.0	1.22		36	914.4	129.0	3.570	12	322.0	0.47
30%A	4	101.6	0.41	0.012	130	1.5	0.22	15%	4	101.6	0.21	0.006	72	0.4	0.12
	6	152.4	1.49	0.042	120	5.1	0.30		6	152.4	0.75	0.021	60	1.3	0.15
	8	203.2	3.45	0.100	100	15.4	0.38		8	203.2	1.65	0.047	55	4.2	0.21
	10	254	6.0	0.170	95	20.4	0.40		10	254	3.8	0.108	55	5.9	0.23
	12	304.8	10.9	0.305	90	32.9	0.46		12	304.8	6.4	0.181	50	9.1	0.25
	14	355.6	15.6	0.442	85	50.1	0.50		14	355.6	10.4	0.295	50	14.7	0.30
	16	406.4	21.6	0.611	80	70.7	0.54		16	406.4	15.6	0.442	45	19.9	0.30
	18	457.2	28.5	0.791	75	95.6	0.57		18	457.2	22.5	0.637	45	28.7	0.34
	20	508	36.4	1.029	70	124.5	0.59		20	508	31.2	0.884	40	35.3	0.34
	24	609.6	54.6	1.546	65	200.6	0.66		24	609.6	54.6	1.546	40	61.9	0.41
	30	762	86.8	2.439	60	367.0	0.76		30	762	86.8	2.439	35	107.0	0.44
	36	914.4	129.0	3.570	55	544.0	0.82		36	914.4	129.0	3.570	30	165.0	0.47

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	Bronce	2.0
S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * * Nylon * Teflón * UHMW * Uretano	2.0
	* Hierro Endurecido	3.4
H	* Superficie Endurecida * Stellite * Cerámica	4.4

* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

Factor del Diámetro del Transportador, F_d			
Dímetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d	Dímetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d
4	12.0	14	78.0
6	18.0	16	106.0
8	24.0	18	135.0
10	30.0	20	165.0
12	36.0	24	235.0
		30	300.0

Factor de inclinación k					
k	Inclinación del canalón				
	0°	5°	10°	15°	20°
	1	0.9	0.8	0.7	0.6

Factores de Capacidad para Transportador con Paso Especial CF1		
Paso	Descripción	CF1
Estándar	Paso = Diámetro de la Hélice	1
Corto	Paso = 2/3 Diámetro de la Hélice	1.5
Medio	Paso = 1/2 Diámetro de la Hélice	2
Largo	Paso = 1 1/2 Diámetro de la Hélice	0.67

Tipo de Helicoidal	F_p Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doble	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—

*No recomendada

Factor de Paleta, F_p					
Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido					
Número de Paletas por Paso	0	1	2	3	4
Factor de Paleta — F_p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

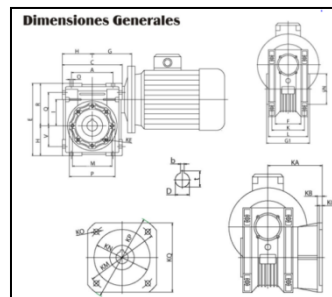
- Anexo J: Robert L.Mott, P.E – Diseño de elementos de máquinas cuarta edición

TABLA 14-7 Datos para rodamientos de rodillos cónicos

Barreno	Diámetro exterior	Ancho	a	Factor de empuje, Y	Capacidad básica de carga dinámica, C
1.0000	2.5000	0.8125	0.583	1.71	8370
1.5000	3.0000	0.9375	0.690	1.98	12 800
1.7500	4.0000	1.2500	0.970	1.50	21 400
2.0000	4.3750	1.5000	0.975	2.02	26 200
2.5000	5.0000	1.4375	1.100	1.65	29 300
3.0000	6.0000	1.6250	1.320	1.47	39 700
3.5000	6.3750	1.8750	1.430	1.76	47 700

Nota: Dimensiones en pulgadas. La carga C está en libras para una duración L_{10} de un millón de revoluciones.

- Anexo k: Alfa transmisiones moto reductores

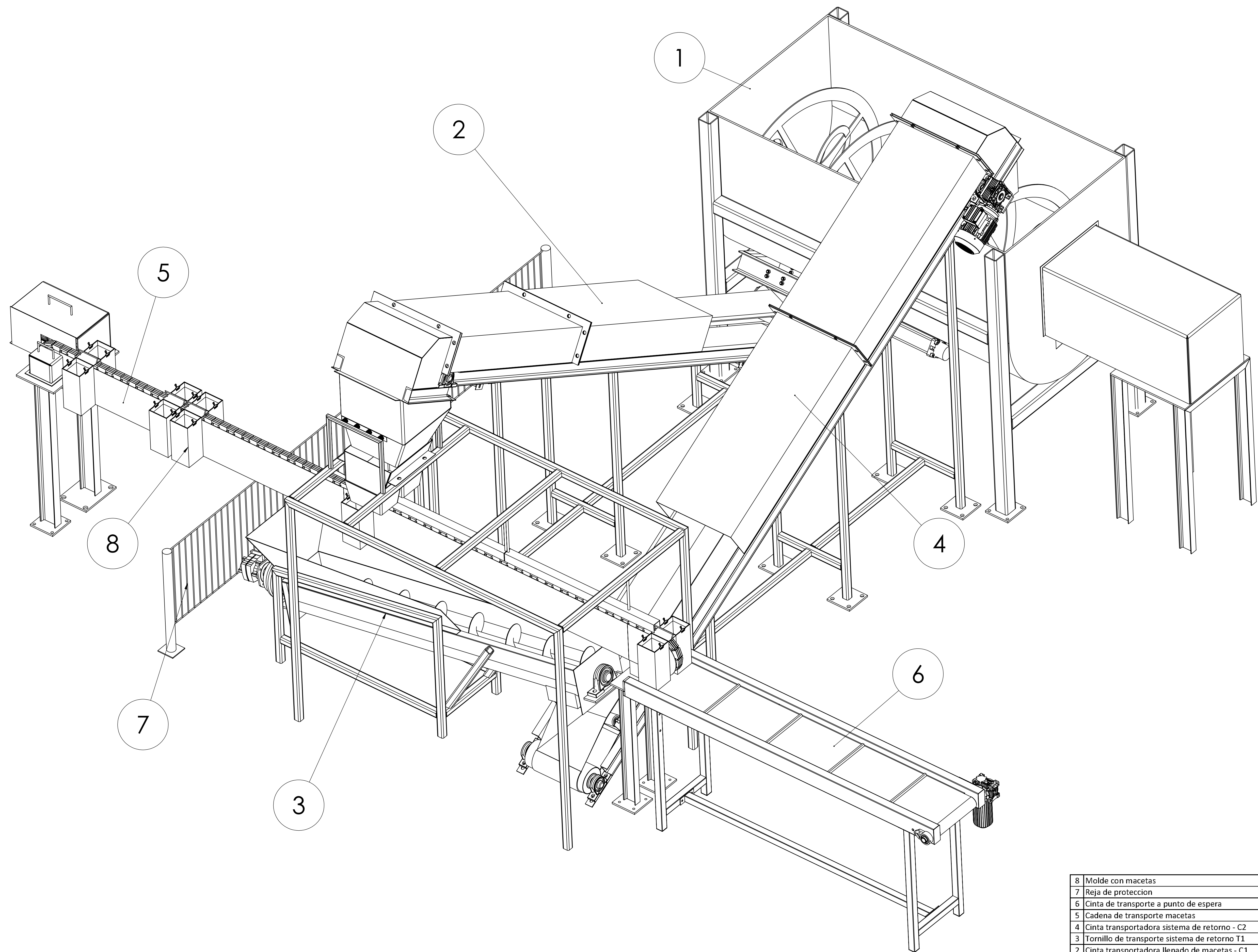


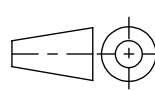
Relación Nominal	RPM de salida	Velocidad de entrada n1=1500 rpm									
		n2(rpm)	NMRV-25	NMRV-30	NMRV-40	NMRV-50	NMRV-63	NMRV-75	NMRV-90	NMRV-110	NMRV-130
7.5	200	Hp	0.12	0.25	0.5	1	2	4	5.5	10	12.5
		M2	0.14	0.90	2	3.17	6.80	12.51	17.67	32.20	40.28
		η	0.85	0.85	0.89	0.89	0.87	0.87	0.90	0.90	0.90
10	150	Hp	0.12	0.3	0.75	1	2	4	5.5	10	12.5
		M2	0.5	1.17	3.05	4.11	9.02	16.80	23.27	42.47	53.11
		η	0.85	0.82	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.89	0.89
15	100	Hp	0.12	0.25	0.5	1	2	3	4	7.5	10
		M2	0.73	1.37	2.84	5.88	11.84	17.78	24.56	46.19	62.3
		η	0.85	0.77	0.79	0.82	0.83	0.83	0.86	0.86	0.87
20	75	Hp	0.12	0.25	0.5	1	2	3	4	7.5	10
		M2	0.85	1.74	3.69	7.51	15.40	23.38	31.94	60.90	81.16
		η	0.82	0.73	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.85
25	60	Hp	0.12	0.25	0.34	0.75	1	1.75	3	5.5	10
		M2	1.15	2.02	2.95	6.67	9.24	16.33	29.30	55.15	100.26
		η	0.80	0.68	0.73	0.74	0.77	0.78	0.82	0.84	0.84
30	50	Hp	0.12	0.16	0.34	0.75	1	1.5	3	5.5	7.5
		M2	1.26	1.46	3.43	7.66	10.17	16.23	33.02	62.17	85.94
		η	0.80	0.64	0.70	0.71	0.71	0.76	0.77	0.79	0.8
40	37.5	Hp		0.16	0.34	0.5	1	1.5	2	4	5.5
		M2		1.80	4.19	6.24	13.35	20.62	28.56	58.89	81.93
		η		0.59	0.65	0.65	0.70	0.72	0.75	0.77	0.78
50	30	Hp		0.12	0.25	0.5	0.75	1	2	3	5.5
		M2		1.54	3.70	6.91	11.74	16.42	34.44	52.50	97.16
		η		0.54	0.62	0.58	0.66	0.69	0.72	0.73	0.74
60	25	Hp		0.12	0.16	0.34	0.75	1	1.5	3	4
		M2		1.16	2.66	5.71	13.48	18.66	29.69	61.88	82.50
		η		0.51	0.58	0.59	0.63	0.65	0.69	0.72	0.72
80	18.7	Hp		0.08	0.16	0.25	0.5	0.75	1	2	3
		M2		1.37	3.19	5.11	10.81	17.23	24.05	49.60	76.98
		η		0.45	0.52	0.53	0.56	0.60	0.63	0.65	0.67
100	15	Hp			0.12	0.16	0.5	0.75	1	1.5	2
		M2			2.70	3.63	11.38	17.18	25.20	44.14	60.16
		η			0.47	0.48	0.48	0.48	0.53	0.62	0.63

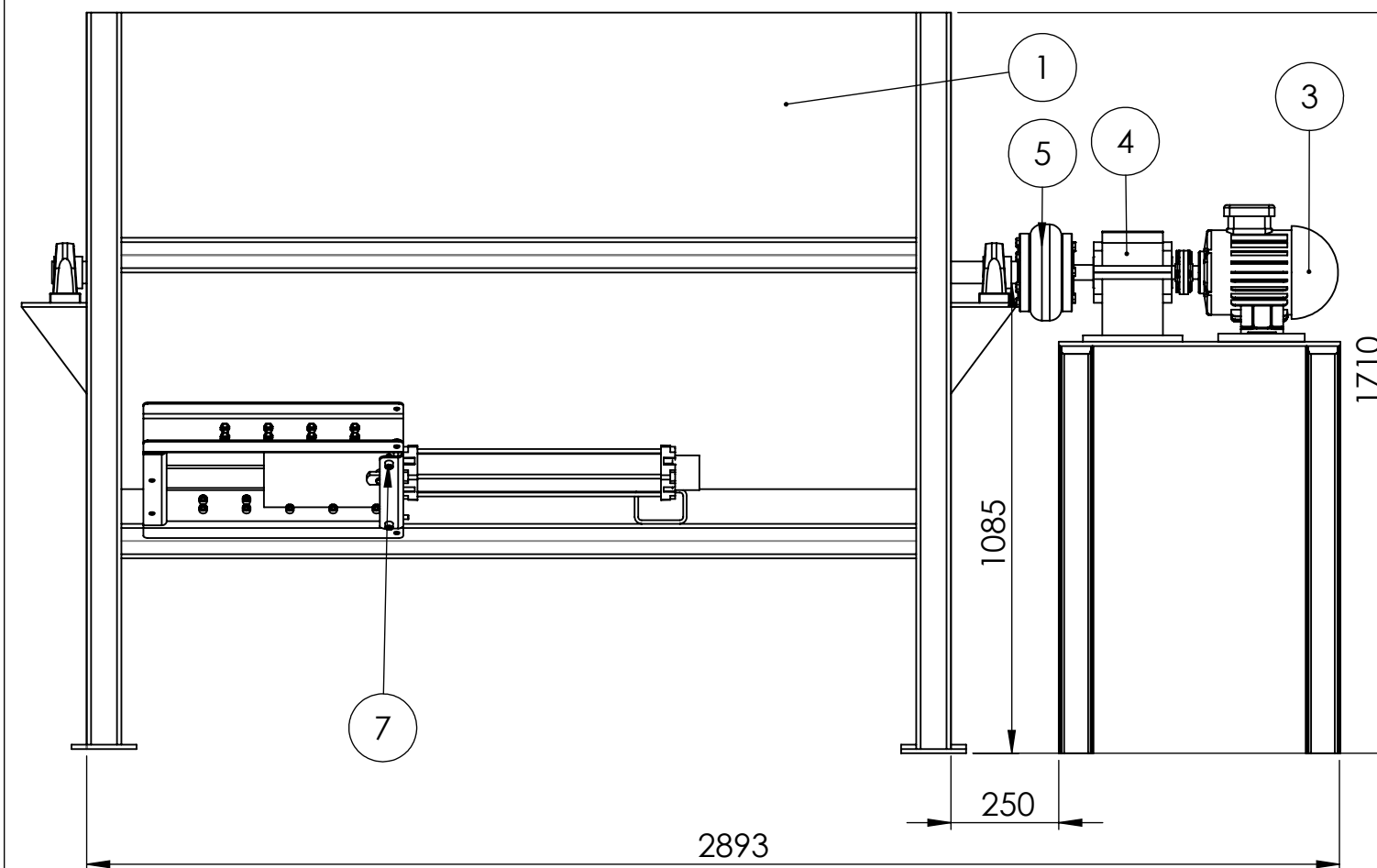
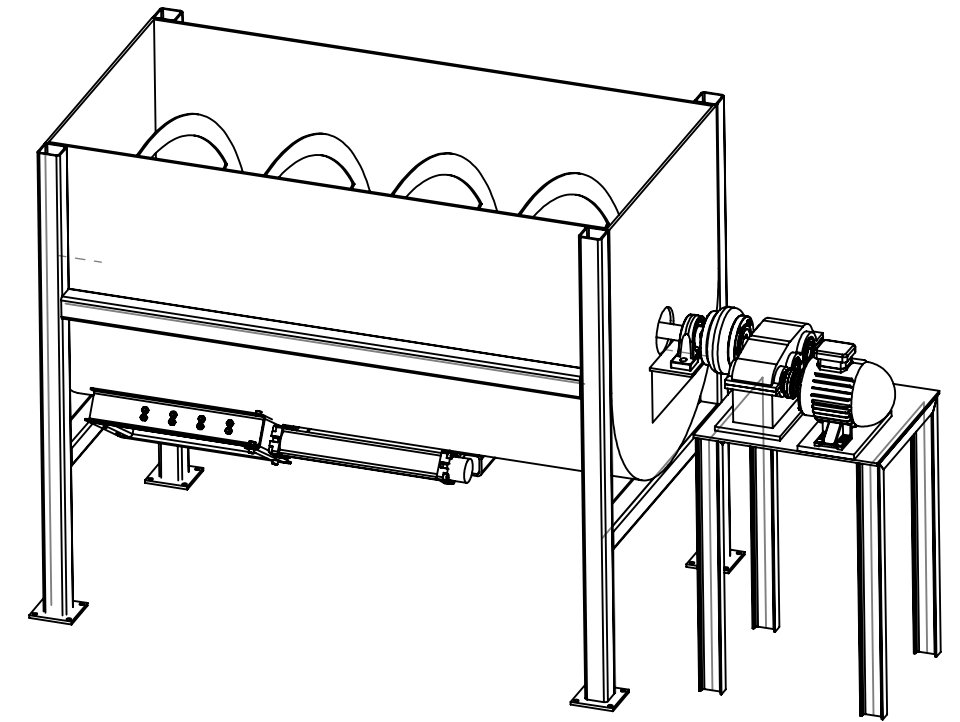
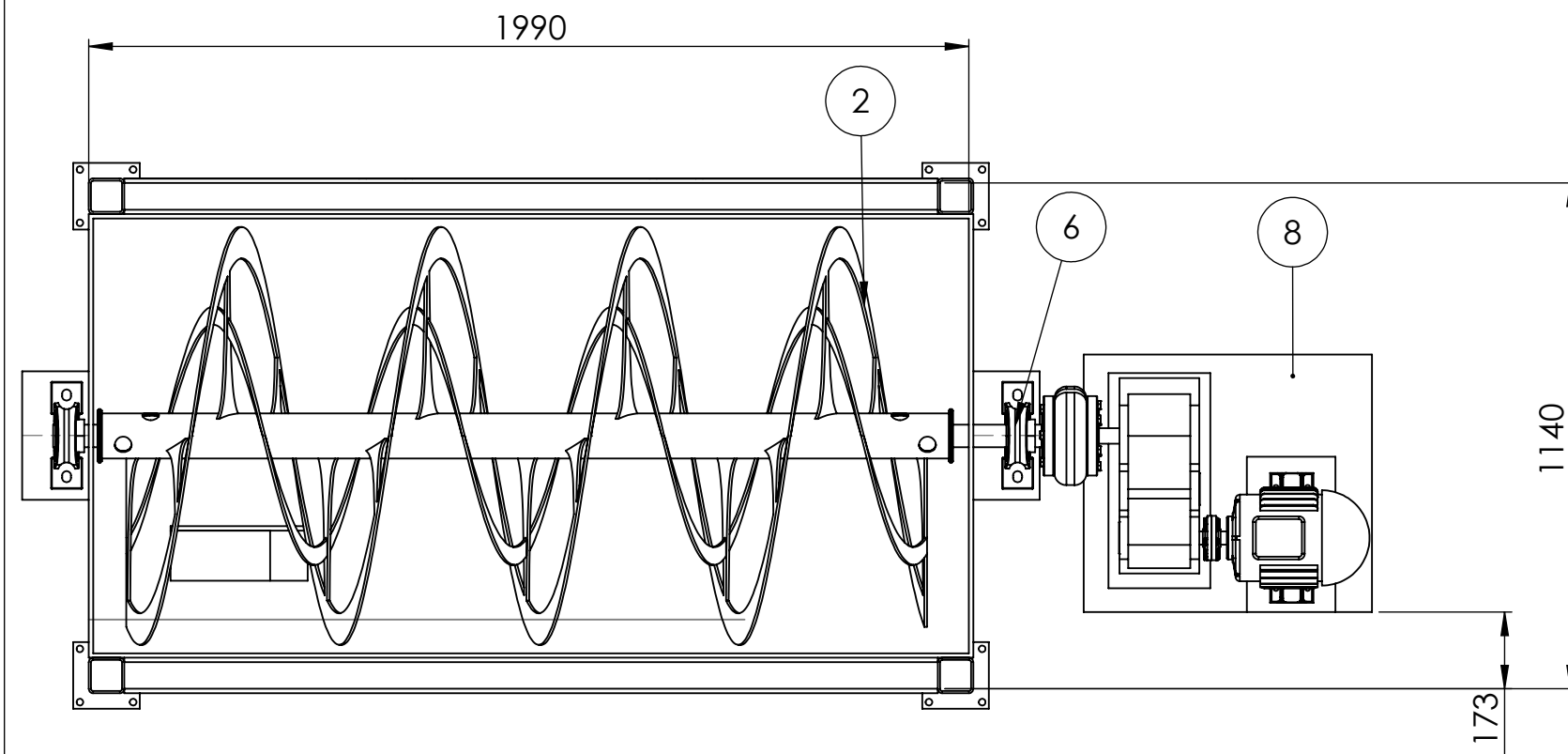
6.2 Tablas

Tabla introducción 1: Variables generales -----	3
Tabla introducción 2: Condiciones limite generales-----	3
Tabla 1-1: número de semillas por frutos en distintos patrones -----	9
Tabla 1-2: Cronograma de ejecución de un vivero de 100 hectáreas -----	19
Tabla 1-3: Sustratos según su origen-----	24
Tabla 1-4: Propiedades físicas de distintas mezclas de sustratos -----	26
Tabla 1-5: iveros óptimos en propiedades físicas y químicas de un sustrato para plantas cítricas.....	31
Tabla 1-6: Variedades de planta vivero citrus-----	32
Tabla 1-7: Propiedades físicas perlita comercial -----	34
Tabla 1-8: Composición química de la perlita-----	35
Tabla 1-9: Granulometría arena para uso frutícola-----	36
Tabla 2-1 : Objetivos del proyecto-----	39
Tabla 2-2 : Evaluación de propuestas etapa 1-----	41
Tabla 2-3 : Evaluación de propuestas etapa 2-----	42
Tabla 2-4 : Evaluación de propuestas etapa 3-----	43
Tabla 2-5 : Evaluación de propuestas etapa-----	45

6.3 Planos



8	Molde con macetas				
7	Reja de proteccion	2			
6	Cinta de transporte a punto de espera	1			
5	Cadena de transporte macetas	1	Subconjunto cadena de transporte macetas		
4	Cinta transportadora sistema de retorno - C2	1	Subconjunto Cinta transportadora sistema de retorno - C2		
3	Tornillo de transporte sistema de retorno T1	1	Subconjunto tornillo de transporte sistema de retorno - T1		
2	Cinta transportadora llenado de macetas - C1	1	Subconjunto Cinta transportadora llenado de macetas - C1		
1	Mezcladora de sustrato - M1	1	Subconjunto mezcladora de sustrato - M1		
N°	Pieza	Cantidad	N° plano		
			Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura Escuela de ingeniería mecánica		
			Plano de conjunto		
	Fecha	Nombre	Escala		Proyecto final
Dibujo	7/11/2022	Panero.P			
Aprobo					



Planos complementarios:
 Plano de montaje Mezcladora de sustrato - M1
 Plano de detalle protecciones mezcladora de sustrato - M1

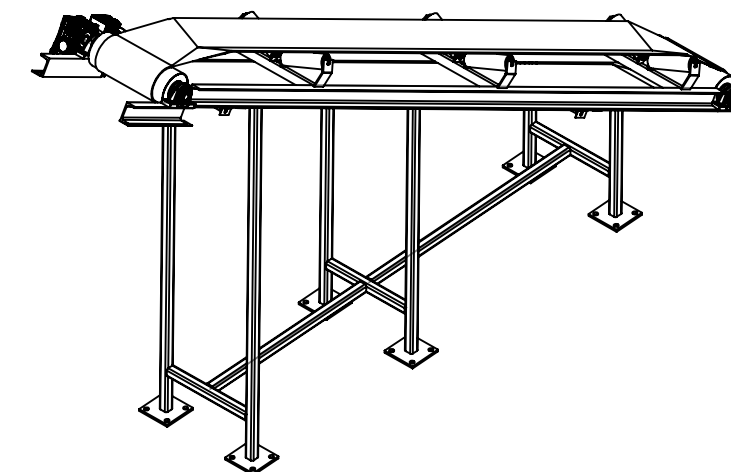
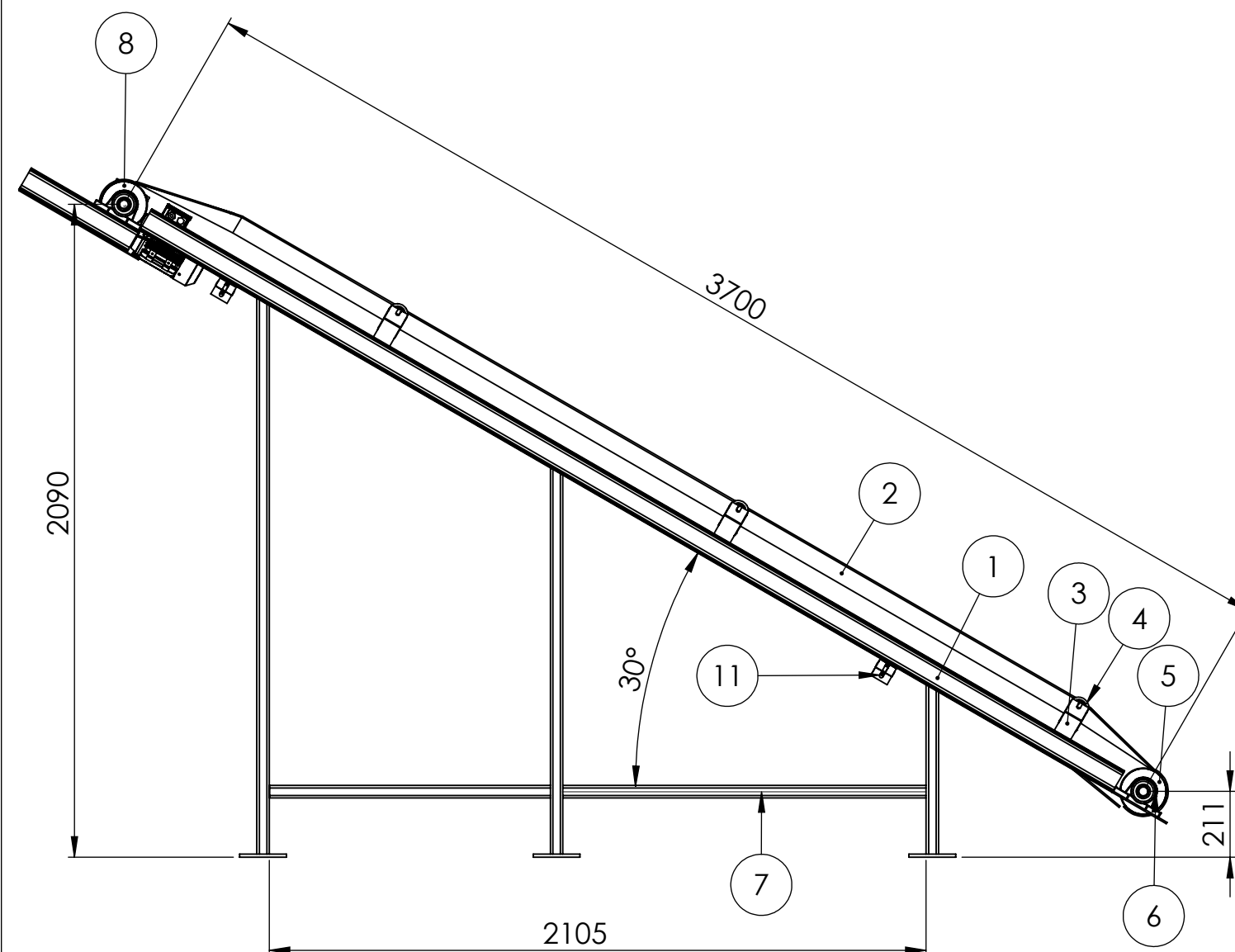
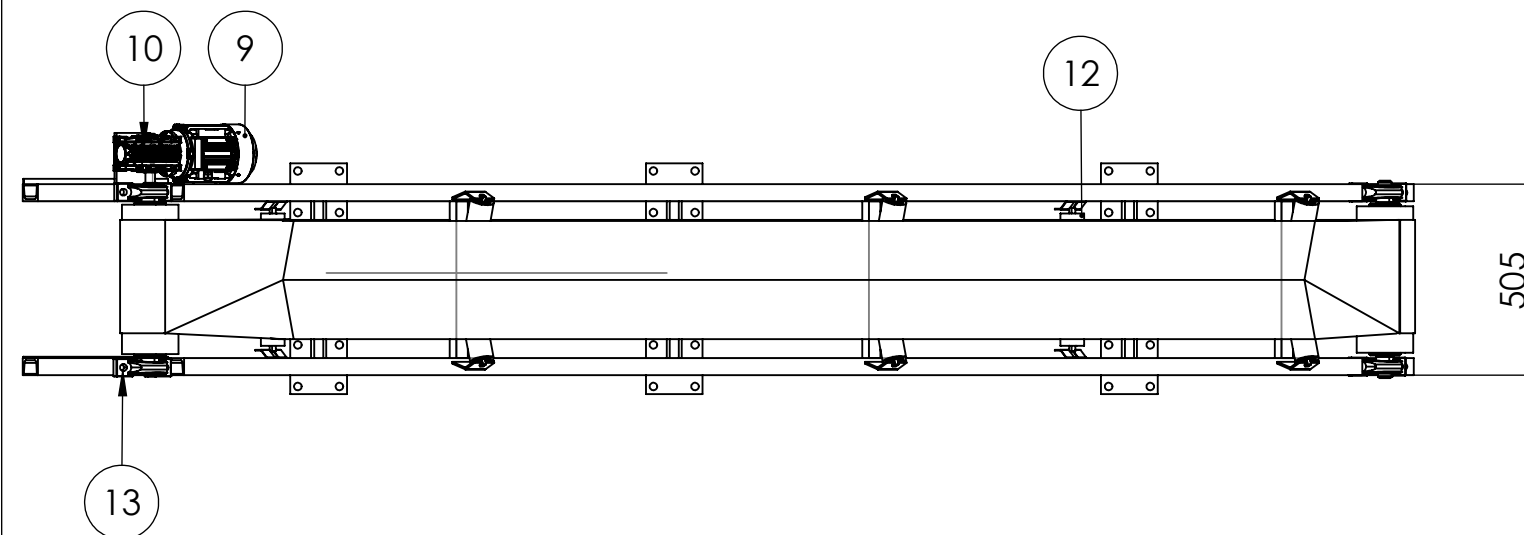
8	Soporte motor y reductor	1	Plano de detalle soporte motor y reductor
7	Compuerta actuada neumaticamente	1	Plano de detalle compuerta actuada
6	Rodamiento rodillos conicos SKF 3"	2	Anexo C
5	Acoplamiento flexible marca Gummi	1	Anexo D
4	Caja reductora marca SITI	1	Anexo G
3	Motor electrico Weg 10 hp	1	Anexo E
2	Eje Helicoidal principal	1	Plano de detalle eje helicoidal
1	Estructura tolva	1	Plano de detalle tolva mezcladora
N°	Pieza	Cantidad	N° plano



Facultad de ciencias exactas,
 ingeniería y agrimensura
 Escuela de ingeniería mecanica

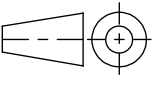
Subconjunto mezcladora de
 sustrato - M1

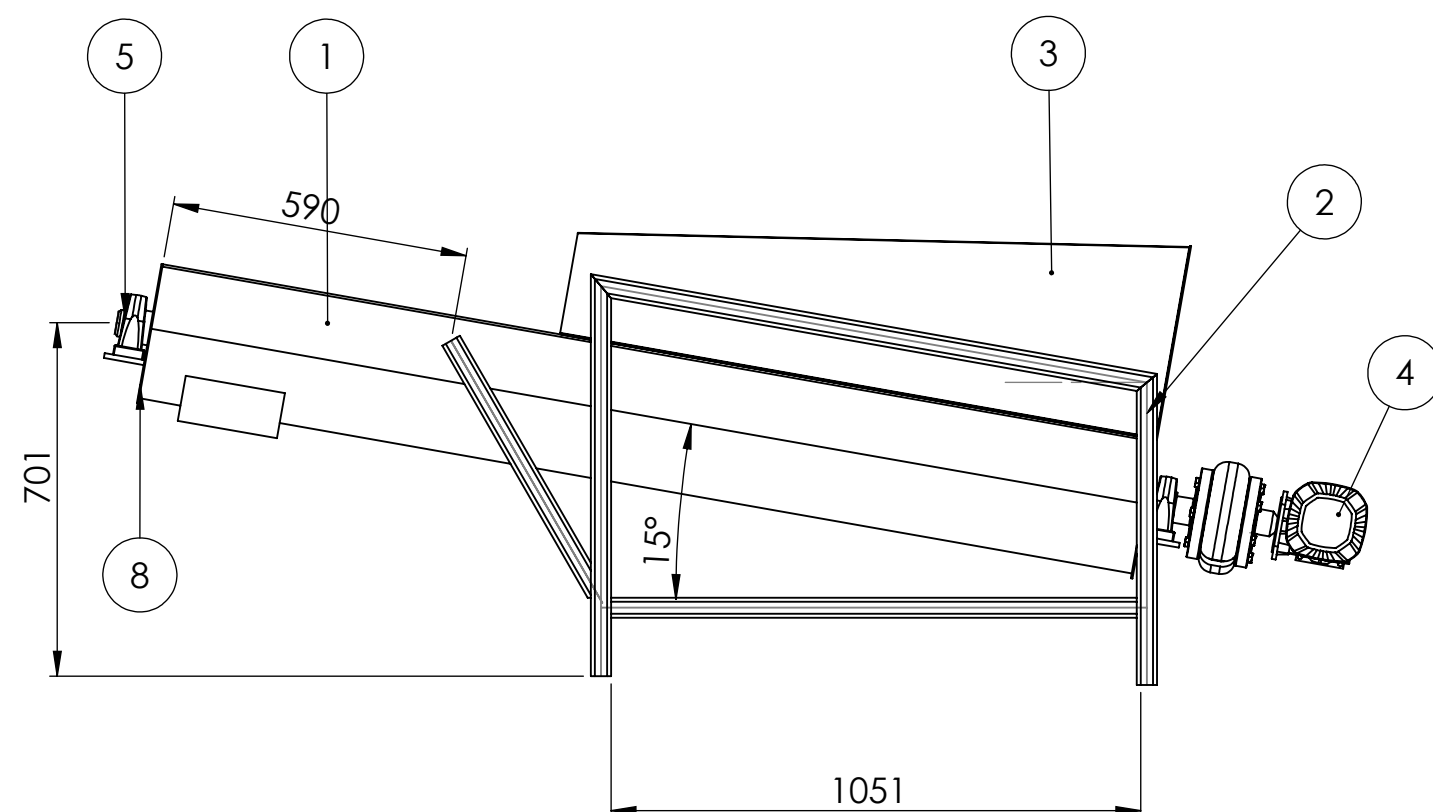
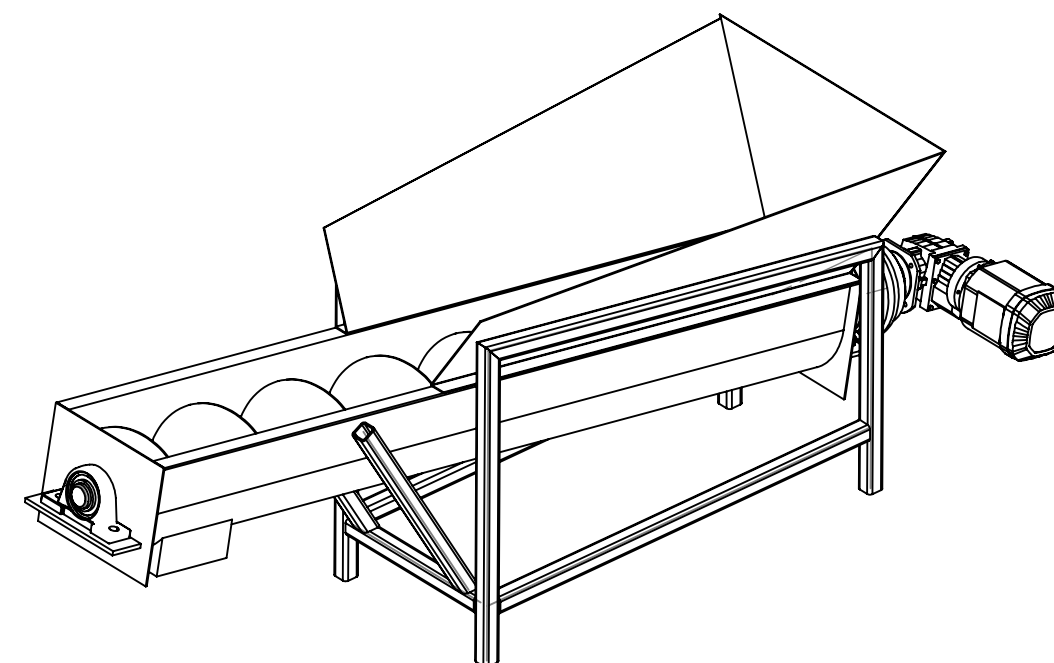
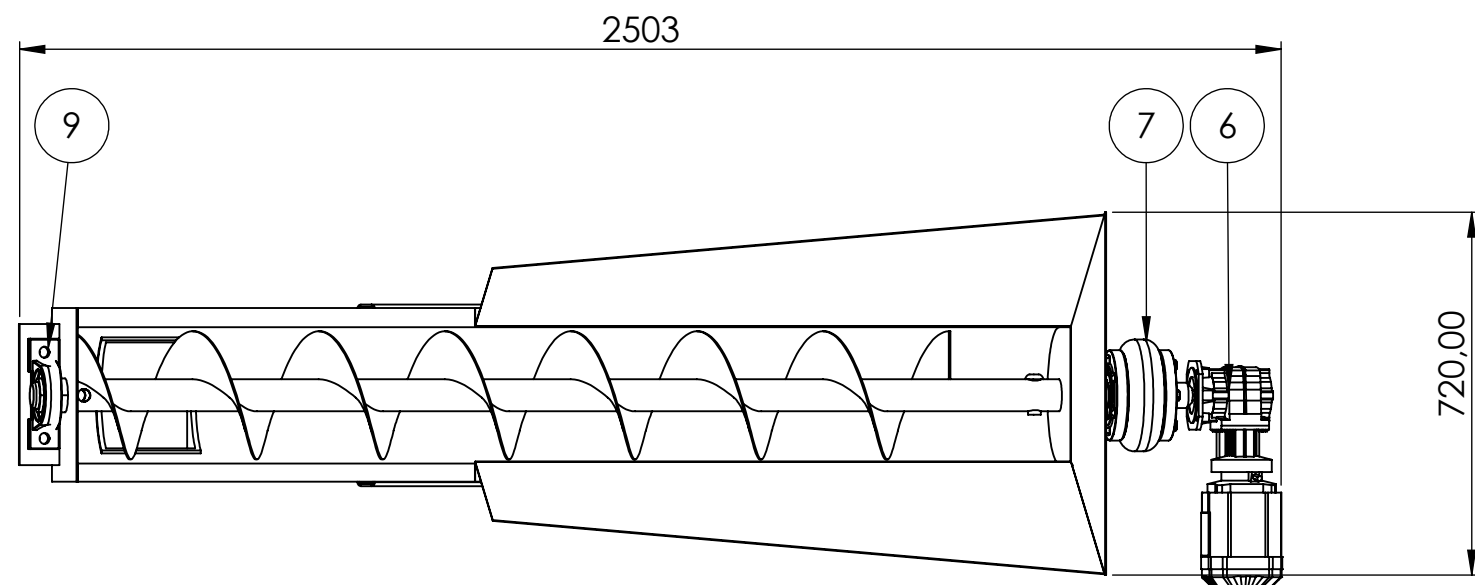
	Fecha	Nombre	Escala		
Dibujo	7/11/2022	Panero.P	1:20		Proyecto final
Aprobo					



Planos complementarios:
 Plano de montaje cinta de transporte llenado de macetas
 Plano detalle protecciones Cinta de transporte llenado de macetas

13	Tornillo tuerca y arandela 1/2"	12	
12	Rodillos inferiores	2	Anexo B
11	Estaciones para rodillos inferiores	2	Plano de detalle estaciones para rodillos inferiores
10	Reductor de velocidad	1	Anexo F
9	Motor electrico WEG	1	Anexo E
8	Tambor motriz	1	Plano de detalle tambor motriz
7	Estructura para sostener la cinta	1	Plano de detalle estructura para sostener la cinta de llenado
6	Rodamiento SKF 2"	4	Anexo C
5	Tambor no motriz	1	Plano de detalle tambors no motriz
4	Rodillos superiores marca Rotrans	6	Anexo B
3	Estaciones para rodillos superiores	3	Plano de detalle estaciones para rodillos superiores
2	Banda marca Pirelli	1	Anexo A
1	Perfiles laterales	2	Plano de detalle perfiles laterales
N°	Pieza	Cantidad	N° plano

 Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura Escuela de ingeniería mecanica			Subconjunto cinta transportadora llenado de macetas - C1		
	Fecha	Nombre	Escala 1:20		Proyecto final
Dibujo	7/11/2022	Panero.P			
Aprobo					



Planos complementarios
Plano de montaje tornillo de transporte sistema de retorno T1

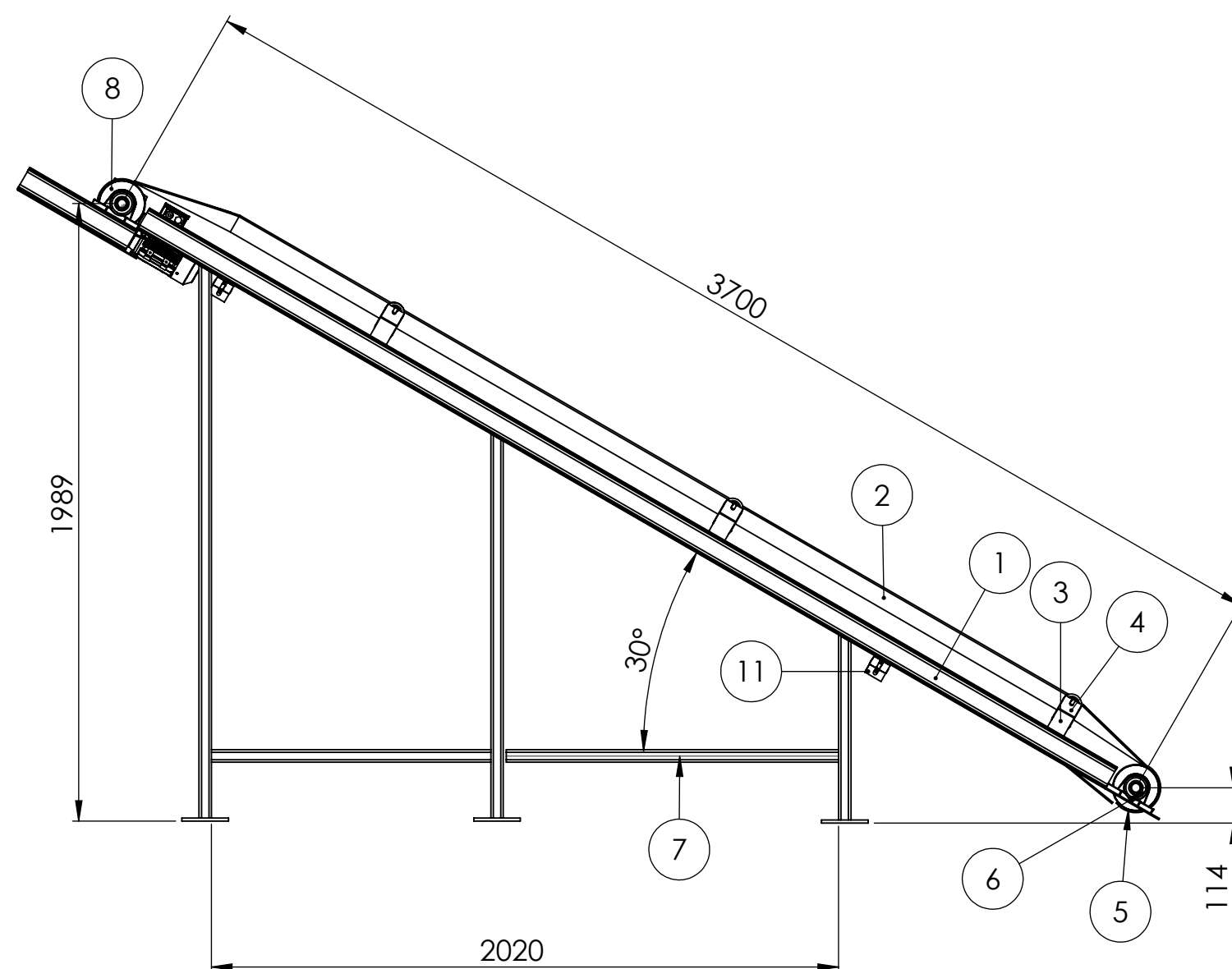
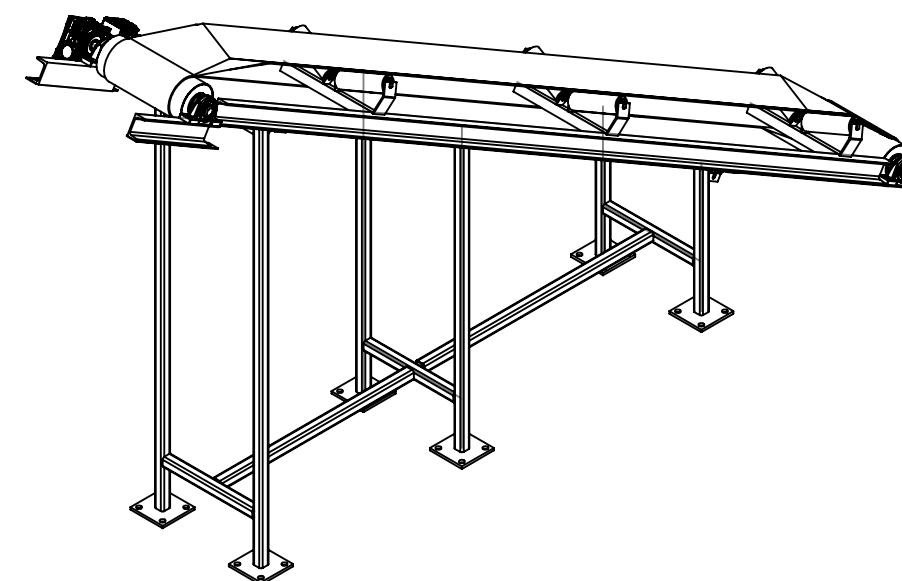
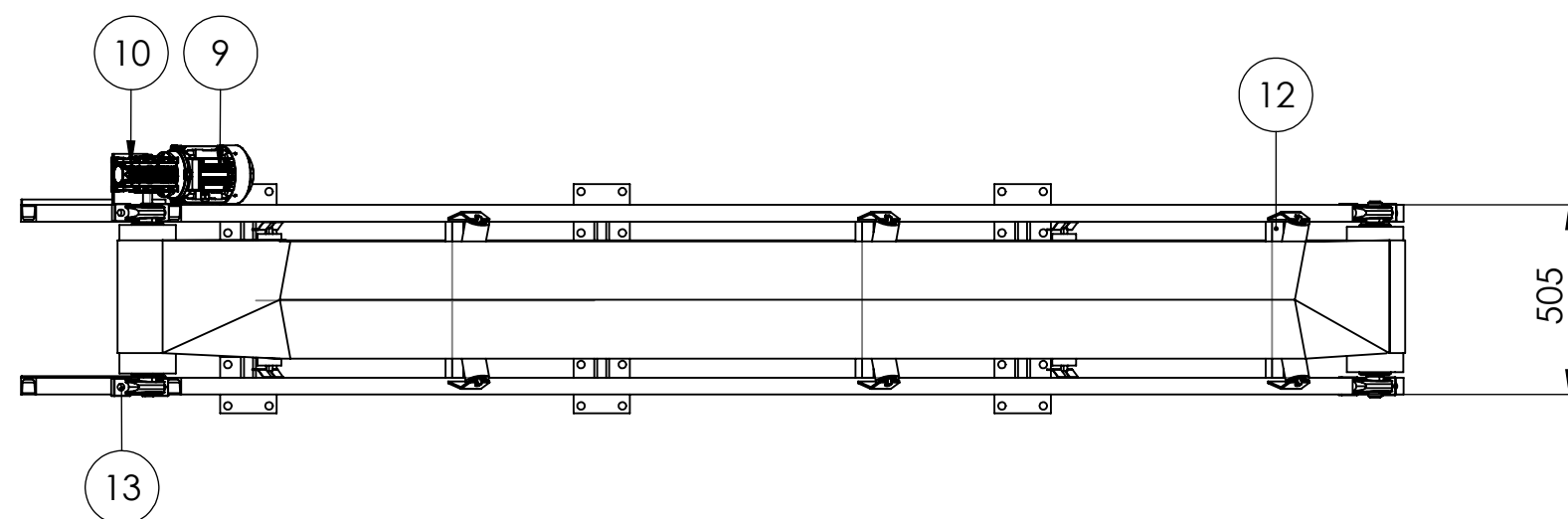
9	Tornillo c/tuerca y arandela 1/2"	4	
8	Tornillo C/tuerca y arandela 1/4"	20	
7	Acoplamiento Gummi modelo A70	1	Anexo D
6	Reductor marca REM modelo REM063	1	Anexo F
5	Rodamiento Rodillo conico SKF	2	Anexo C
4	Motor electrico Weg 1,5 HP	1	Anexo E
3	Placas tolva	1	Plano de detalle T1-3
2	Estructura sosten tornillo de transporte	1	Plano de detalle T1-2
1	Tornillo de transporte	1	Plano de detalle T1-1
N°	Pieza	Cantidad	N° plano



Facultad de ciencias exactas,
ingeniería y agrimensura
Escuela de ingeniería mecánica

Subconjunto Tornillo de transporte
sistema de retorno T1

	Fecha	Nombre	Escala		Proyecto final
Dibujo	7/11/2022	Panero.P	1:15		
Aprobo					



Planos complementarios:
 Plano de montaje cinta transportadora sistema de retorno - C2
 Plano de detalle protecciones cinta transportadora sistema de retorno - C2

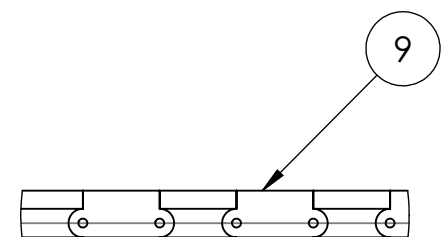
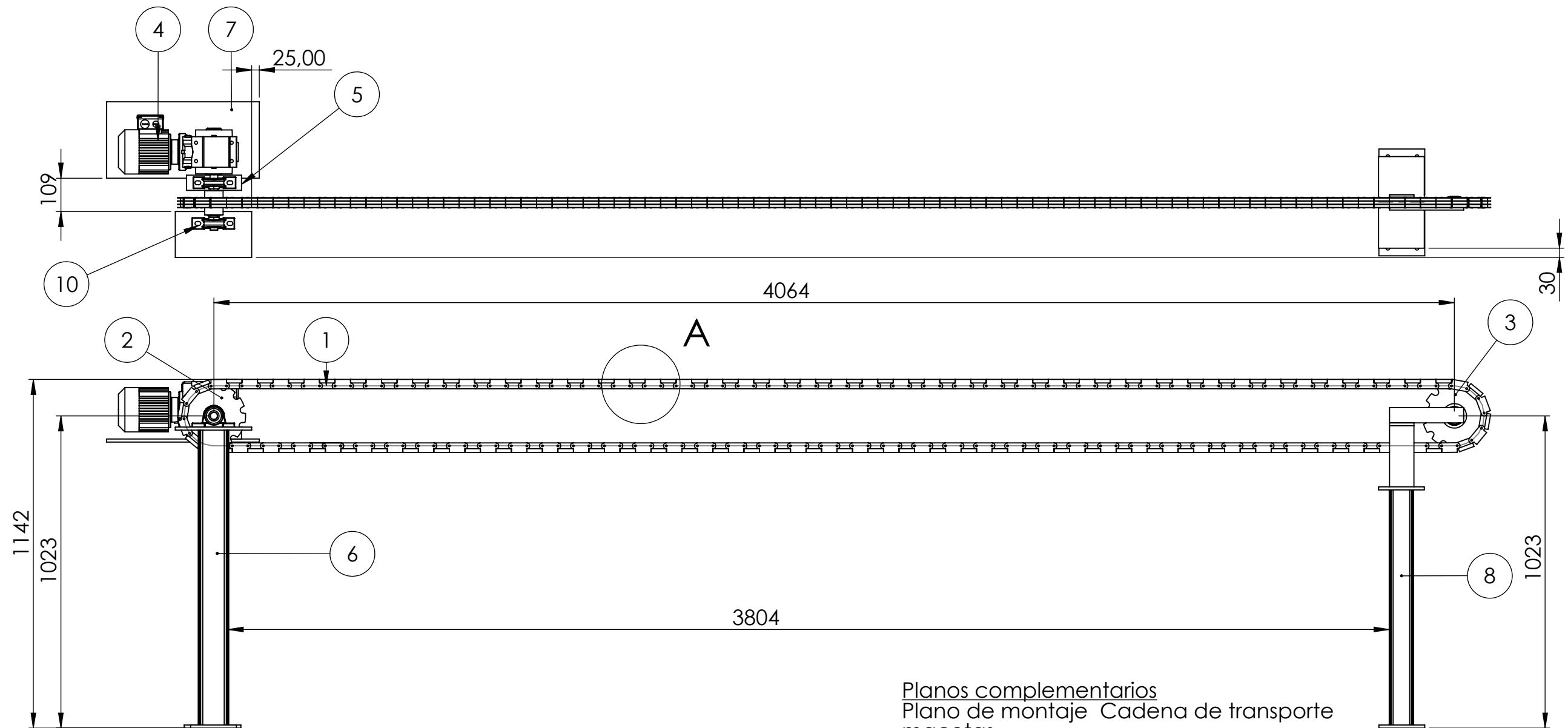
13	Tornillo tuerca y arandela 1/2"	12	
12	Rodillos inferiores	2	Anexo B
11	Estaciones para rodillos inferiores	2	Plano de detalle estaciones para rodillos inferiores
10	Reductor de velocidad	1	Anexo F
9	Motor electrico WEG	1	Anexo E
8	Tambor motriz	1	Plano de detalle tambor motriz
7	Estructura para sostener la cinta	1	Plano de detalle estructura para sostener la cinta de retorno
6	Rodamiento SKF 2"	4	Anexo C
5	Tambor no motriz	1	Plano de detalle tambors no motriz
4	Rodillos superiores marca Rotrans	6	Anexo B
3	Estaciones para rodillos superiores	3	Plano de detalle estaciones para rodillos superiores
2	Banda marca Pirelli	1	Anexo A
1	Perfiles laterales	2	Plano de detalle perfiles laterales cinta de retorno
N°	Pieza	Cantidad	N° plano



Facultad de ciencias exactas,
 ingeniería y agrimensura
 Escuela de ingeniería mecánica

Subconjunto cinta transportadora sistema de
 retorno - C2

	Fecha	Nombre	Escala		Proyecto final
Dibujo	7/11/2022	Panero.P	1:20		
Aprobo					



DETALLE A

ESCALA 1 : 5

Planos complementarios
 Plano de montaje Cadena de transporte
 macetas
 Plano de detalle protecciones cadena

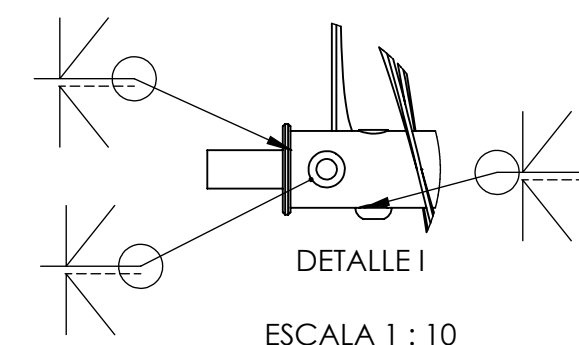
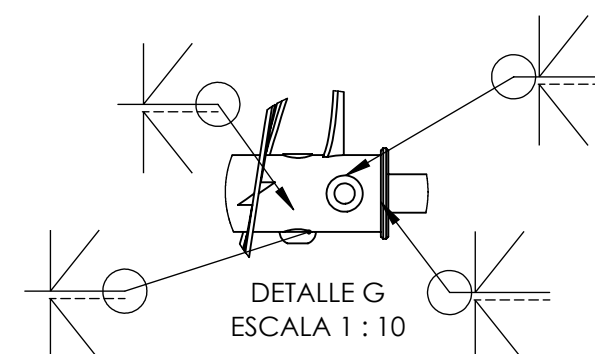
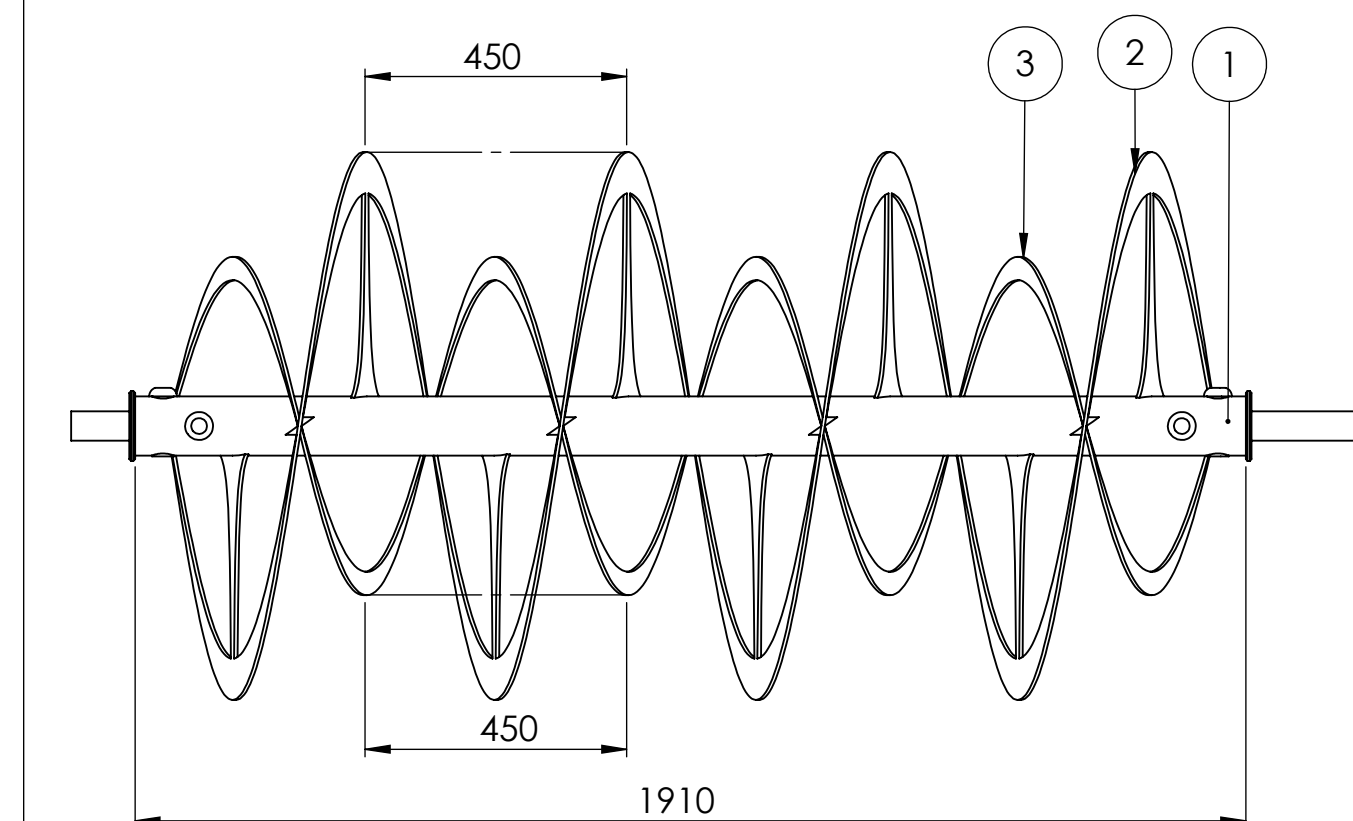
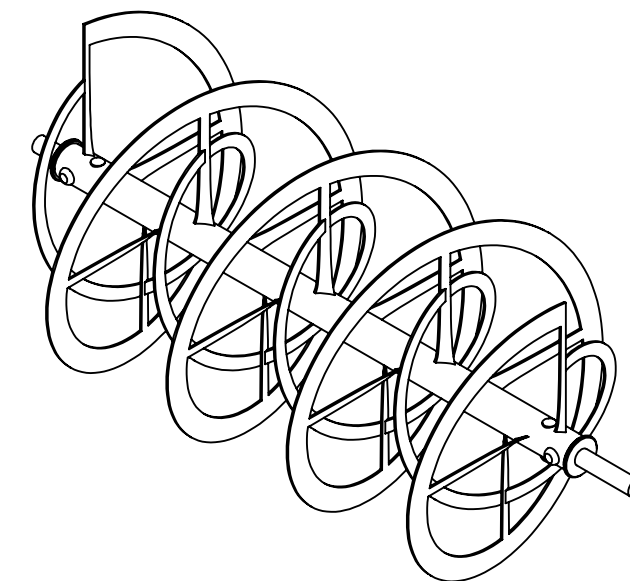
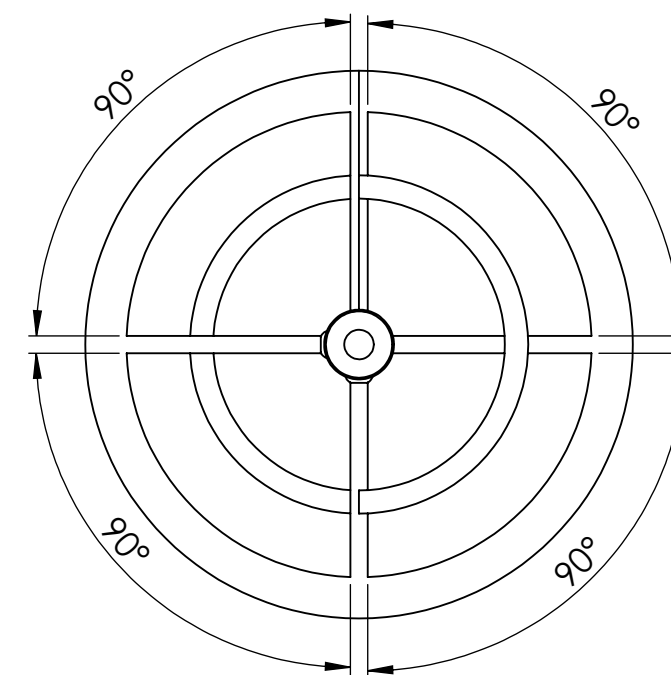
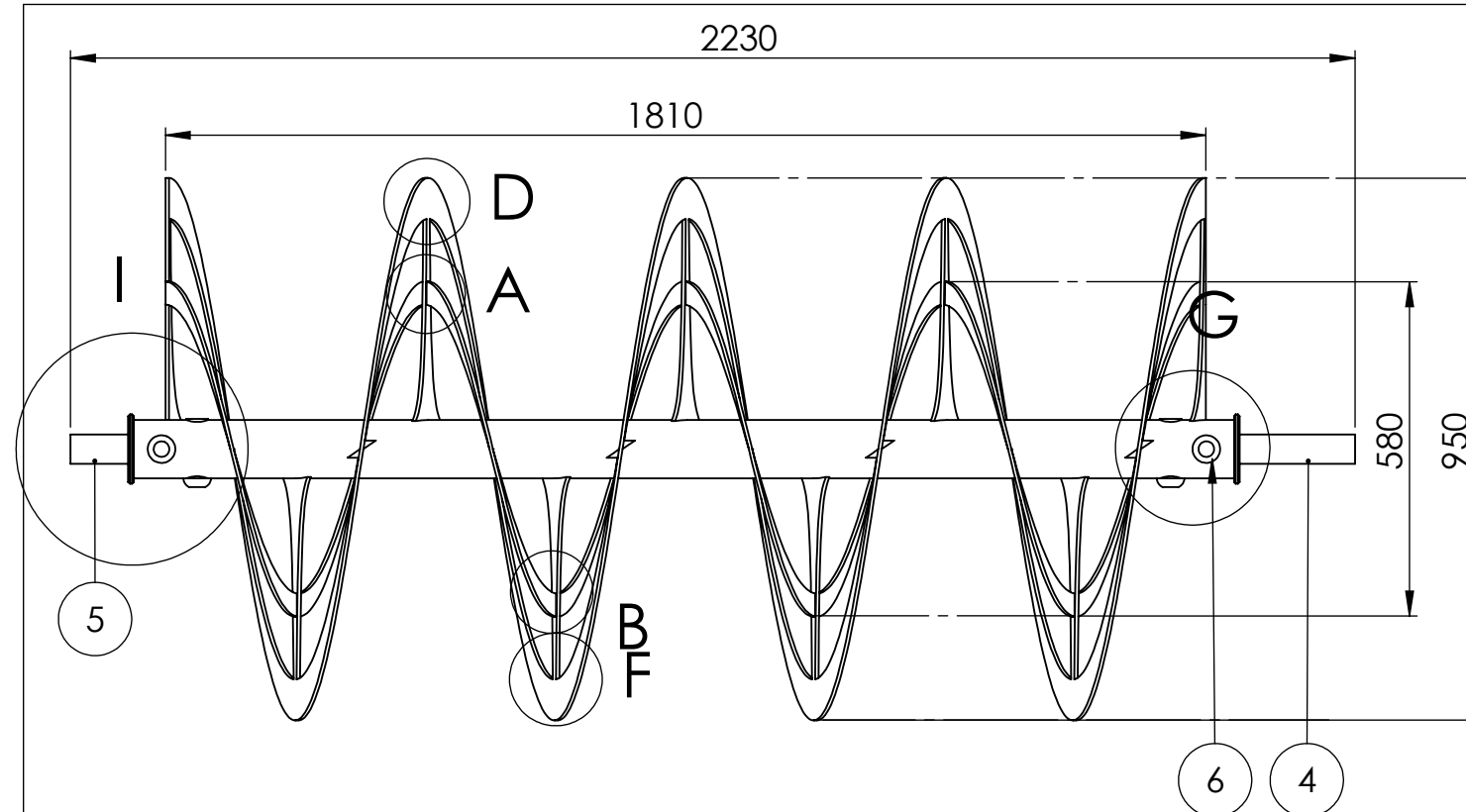
10	Tornillo tuerca y arandela 3/4"	8	
9	Accesorios eslabones		Plano detalle eslabones cadena
8	Soporte rueda dentada lado no motriz	1	Plano detalle soporte rueda dentada lado no motriz
7	Soporte motor	1	Plano detalle soporte motor
6	Soporte rodamiento lado motor	1	Plano detalle soporte rodamiento lado motor
5	Rodamientos de bola SKF 2"	3	Anexo C
4	Motoredcutor Alfa transmisiones modelo NMRV-40	1	Anexo K
3	Rueda dentada lado no motriz	1	Anexo H
2	Rueda dentada lado motriz	1	Anexo H
1	Cadena de transporte marca Power chain	1	Anexo H
N°	Pieza	Cantidad	N° plano



Facultad de ciencias exactas,
 ingeniería y agrimensura
 Escuela de ingeniería mecánica

Subconjunto cadena de
 transporte macetas

	Fecha	Nombre	Escala 1:15		Proyecto final
Dibujo	7/11/2022	Panero.P			
Aprobo					



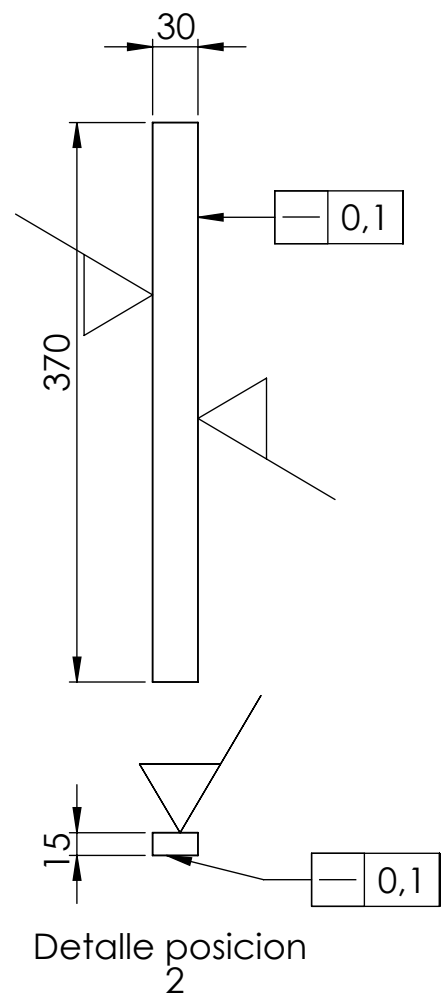
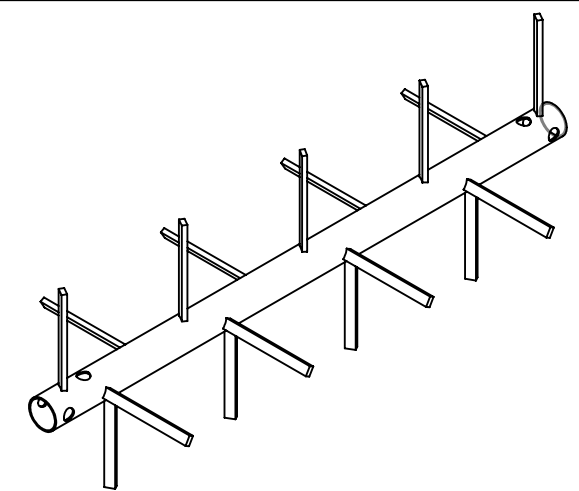
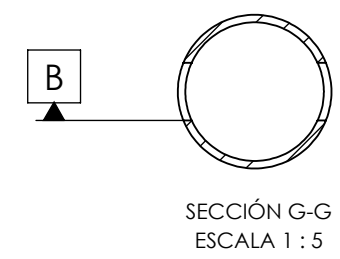
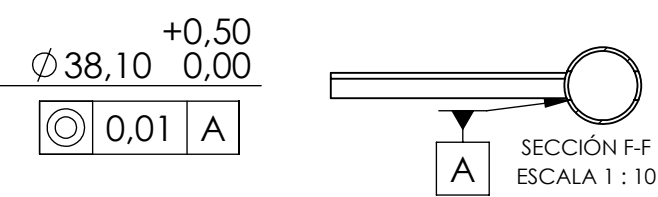
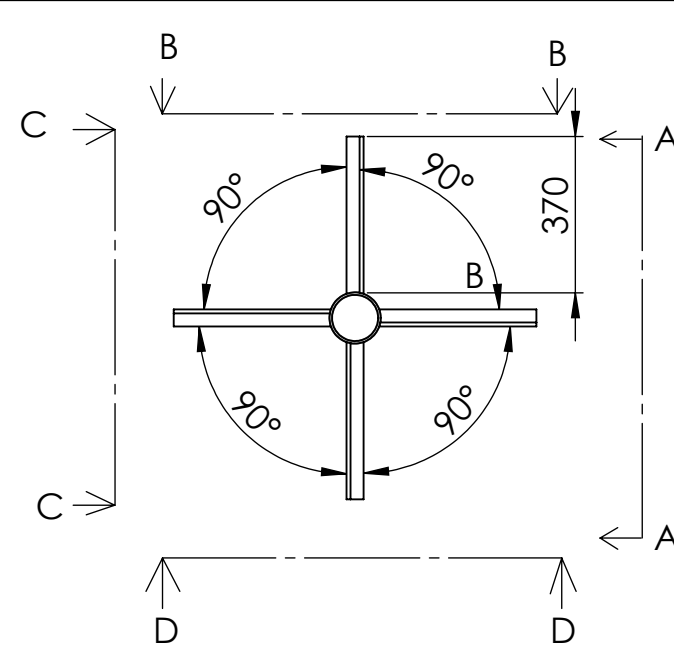
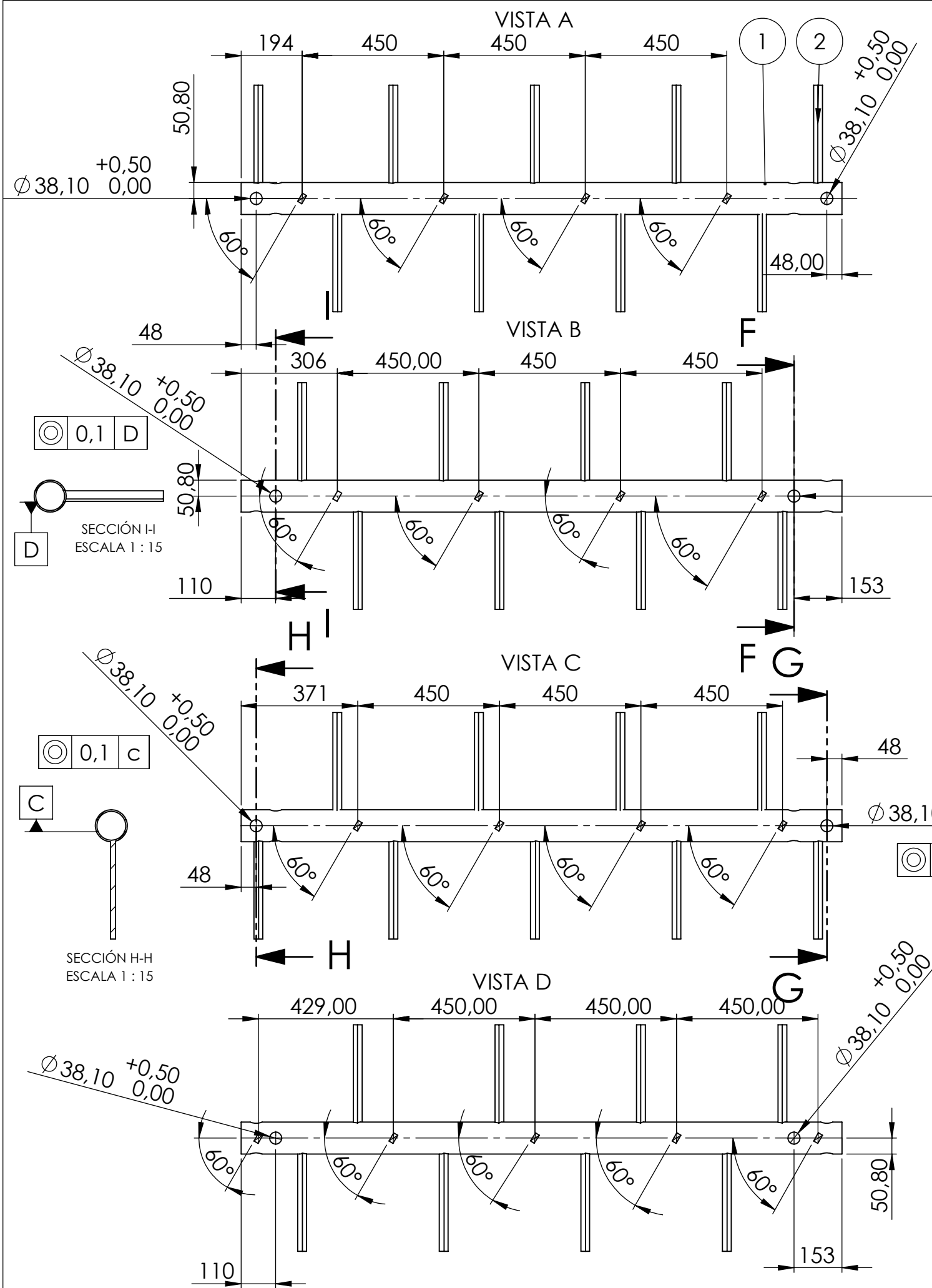
7	Planchuelas vinculación eje helices	SAE1045	17	Plano de fabricacion eje principal
6	Anclaje acoplamiento	SAE1045	4	Plano de detalle anclajes acoplamiento
5	Acoplamiento lado no motriz	SAE1045	1	Plano de detalle acople lado no motriz eje mezcladora
4	Acoplamiento lado motor	SAE1045	2	Plano de detalle acople lado motor eje mezcladora
3	Helice interior	SAE1045	1	Plano de despiece helice interior
2	Helice Exterior	SAE1045	1	Plano de despiece helice exterior
1	Caño 4" sch40	SAE1045	1	Plano de fabricación eje principal
N°	Pieza	Material	Cantidad	N° plano

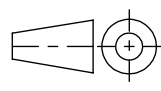


Facultad de ciencias exactas,
ingeniería y agrimensura
Escuela de ingeniería mecánica

Plano de detalle eje helicoidal

	Fecha	Nombre	Escala		
Dibujo	7/11/2022	Panero.P	1:15		Proyecto final
Aprobo					



2	Planchuelas 370x30x15	SAE1045	17	Plano de fabricación eje principal	
1	Caño 4" sch40	SAE1045	1	N° plano	
N°	Pieza	Material	Cantidad		
 Facultad de ciencias exactas, ingeniería y agrimensura Escuela de ingeniería mecánica				Plano de fabricación eje principal	
	Fecha	Nombre	Escala		Proyecto final
Dibujo	7/11/2022	Panero.P	1:15		
Aprobo					