

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA  
DESHIDRATADORA DE TOMATE MEDIANTE ENERGÍA SOLAR”**

**Memoria para optar al Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**ALUMNO : NICOLAS ROJAS LOPEZ**

**PROFESOR GUÍA : SERGIO SOTO SILVA**

**2015**

## *Resumen*

El siguiente trabajo de título consta de dos partes, en la primera una evaluación técnica de la planta deshidratadora de tomate, donde se analiza los distintos estados termodinámicos y energías que interactúan con el sistema. Además se describen y seleccionan los equipos que son necesarios para el funcionamiento de la planta, algunos sobredimensionados, ya que como la energía base es la radiación solar puede que algunos días no haya lo suficiente para abastecer al sistema.

La segunda parte trata de la evaluación económica, donde se analiza el mercado de los tomates frescos y el de los tomates deshidratados, llegando a una conclusión si es factible o no producir y vender este producto. Para finalizar se evalúan los costos de la planta y la rentabilidad del proyecto, calculando los indicadores de VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) con su respectivo flujo de caja.

# *Índice*

Capítulo 1: Introducción.....	1
Capítulo 2: Descripción y características de los tomates.....	3
2.1. Objetivos.....	3
2.2. Descripción.....	3
2.3. Factores para su cultivo.....	4
2.3.1. Luz.....	4
2.3.2. Temperatura.....	5
2.3.3. Suelo.....	5
2.3.4. Semillero.....	5
2.3.5. Siembra.....	6
2.3.6. Riego.....	6
2.3.7. Entutorado o tutorado del tomate.....	6
2.3.8. Poda.....	7
2.4. Plagas y enfermedades.....	7
2.5. Composición química del tomate.....	7
2.6. Tipos de tomate.....	8
2.6.1. Tomate RAF.....	8
2.6.2. Tomate cereza o cherry.....	9
2.6.3. Tomate pera.....	10
2.7. Conclusión.....	11

Capítulo 3: Estudio de mercado.....	12
3.1. Introducción.....	12
3.2. Tomate fresco.....	12
3.2.1. Objetivo.....	12
3.2.2. Superficie y producción.....	12
3.2.3. Consumo.....	14
3.2.4. Exportaciones.....	15
3.2.5. Precios.....	17
3.2.6. Conclusión.....	18
3.3. Tomate deshidratado.....	18
3.3.1. Producción.....	18
3.3.2. Exportaciones.....	19
3.3.3. Importaciones.....	21
3.3.4. Precios.....	23
3.4. Conclusión y resumen.....	24
Capítulo 4: Distintos métodos de deshidratación.....	25
4.1. Introducción.....	25
4.2. Deshidratación por aire.....	25
4.2.1. Secadores directos.....	25
4.2.2. Secadores indirectos.....	26
4.2.3. Secadores por radiación.....	27

4.2.4. Secadores por dieléctrico.....	27
4.3. Deshidratación por rocío.....	27
4.4. Deshidratación por vario (liofilización).....	27
4.5. Deshidratación por congelación.....	28
4.6. Osmodeshidratación.....	28
Capítulo 5: Estudio termodinámico de la planta.....	30
5.1. Introducción.....	30
5.2. Esquema de la planta.....	30
5.3. Parámetros iniciales de la planta.....	32
5.3.1. Ubicación territorial de la planta.....	32
5.3.2. Antecedentes climáticos.....	32
5.3.2.1. Temperatura.....	32
5.3.2.2. Humedad.....	32
5.3.2.3. Presión.....	33
5.3.3. Radiación en el norte de Chile (Vicuña).....	34
5.3.4. Producción de tomate seco y materia prima.....	35
5.4. Cálculos.....	35
5.4.1. Curva de secado.....	35
5.4.2. Condiciones del aire.....	38
5.4.3. Flujo de agua.....	39
5.4.4. Flujo de aire.....	40

5.4.5. Potencias calóricas en el intercambiador de calor.....	40
5.4.6. Temperatura de entrada al IC.....	42
5.4.7. Temperatura de salida al IC.....	42
5.4.8. Flujo de agua.....	43
5.4.9. Potencia calorífica necesaria en los colectores solares.....	43
5.5. Tabla resumen.....	44
5.6. Esquema general con parámetros.....	45
Capítulo 6: Descripción y selección de equipos.....	46
6.1. Introducción.....	46
6.2. Ventilador.....	46
6.2.1. Descripción y funcionamiento.....	46
6.2.2 Pérdida de presión (carga).....	46
6.2.2.1 Pérdida en conductos.....	46
6.2.2.2 Pérdida por cambio de velocidad.....	48
6.2.2.3 Pérdida en el IC.....	48
6.2.2.4 Pérdida totales.....	49
6.2.3. Selección del ventilador.....	49
6.2.4. Características del ventilador.....	50
6.3. Bomba.....	51
6.3.1. Descripción y funcionamiento.....	51
6.3.2 Pérdida de presión (carga).....	51

6.3.2.1. Aspiración.....	52
6.3.2.2. Descarga.....	54
6.3.2.2.1. Columna estática.....	54
6.3.2.2.2. Columna dinámica.....	54
6.3.2.3. Pérdida de carga por equipos.....	56
6.3.2.4. Pérdidas totales.....	56
6.3.3. Selección de la bomba.....	57
6.3.3.1. Potencia.....	58
6.4. Celda fotovoltaica.....	59
6.4.1 Funcionamiento.....	59
6.4.2. Selección y cantidad paneles fotovoltaicos.....	59
6.4.2.1 Rendimiento.....	61
6.4.2.2. Consumo.....	61
6.4.2.3. Superficie necesaria ( $S_1$ ).....	61
6.4.2.4. Cantidad de paneles.....	62
6.5. Colector Solar.....	63
6.5.1. Descripción y funcionamiento.....	63
6.5.2. Selección y cantidad de colectores.....	63
6.5.2.1 Características del colector.....	63
6.5.2.2 Cálculo de números de colectores.....	64

Capítulo 7: Diseño de la línea de producción.....	65
7.1. Introducción.....	65
7.2. Cámara de secado.....	65
7.2.1. Bandejas.....	66
7.3. Distribución de colectores.....	67
7.4. Estanque.....	68
7.5. Sala eléctrica-Bodega.....	69
7.6. Celdas fotovoltaicas.....	70
Capítulo 8: Costos.....	71
8.1. Introducción.....	71
8.2. Inversion.....	71
8.2.1 Costos de adquisición.....	71
8.2.2 Costos para la implementación de la planta.....	72
8.2.3. Prestamo.....	72
8.3. Costos Variables.....	72
8.3.1 Materia prima.....	72
8.4. Costos Fijos.....	72
8.4.1 Mano de obra.....	72
8.4.2. Costo de mantención.....	73
8.5. Costos financieros.....	73
8.6. Depreciación, valor residual y G/P de capital.....	74
8.7. Ingresos.....	75
8.7. Rentabilidad.....	75

Conclusiones.....	77
Bibliografía.....	78
Anexos.....	80

# Capítulo 1: Introducción

Este trabajo de título tiene como objetivo la evaluación técnica y económica de una planta deshidratadora de tomate mediante energía solar.

Una planta deshidratadora para cualquier fruto consume demasiada energía, ya sea eléctrica para mover ventiladores o calor para deshidratar los frutos (combustión de algún combustible), por lo tanto se quiere eliminar todo el gasto de energías “sucias” (alto costo monetario e impacto negativo al medio ambiente) y reemplazarlas por energía solar, la cual es una energía renovable y con un bajo impacto ambiental.

El tomate deshidratado si bien no es un producto popular, pero está siendo altamente demandado por EE.UU., México, China y países europeos (Francia, España, Italia.) para usarlo como condimentos en sus comidas, ya que el sabor del tomate al deshidratarlo se intensifica y da un gusto agradable al consumirlo, además tiene grandes propiedades, por ejemplo tiene un efecto protector contra el cáncer de próstata, un aporte extraordinario de vitaminas, minerales y fibras y es un muy buen antioxidante.

Por lo que en este trabajo se hará una evaluación económica del tomate deshidratado, primero se dará a conocer sobre los distintos tipos de tomates que se encuentran en el mercado, tomate raf, tomate cherry, tomate pera, etc., algunas características esenciales y prácticas que hay que saber sobre el producto y se seleccionará el adecuado para deshidratarlo mediante energía solar. Después se explicará distintas formas de deshidratar el tomate, ya sea al aire, por rocío o por otro método extraordinario, que requieren de energías muy caras y contaminantes, así sabremos cual es la forma más económica y eficiente para hacer este proceso en nuestra planta. Además se hará un estudio de mercado, determinaremos la demanda del producto a nivel nacional y también la demanda de nuestra materia prima, el tomate fresco, ya que necesitamos saber si se encuentra en el mercado en grandes cantidades para acceder a este. También se estudiarán la competencias, ofertas, comercialización y proveedores del producto, así demostraremos que vender tomates deshidratados es un negocio viable.

Para hacer el proceso de deshidratado mediante energía solar necesitamos conocer, analizar y calcular todas las energías involucradas (solar, mecánica, eléctrica, calor, etc.), por lo tanto se realizará un estudio termodinámico de la planta, con esquemas y flujos de fluidos, y se analizarán las distintas variables que afectan al sistema, radiación solar, humedad, temperatura, etc., así se tendrá un control de las variables y podremos tener un producto de calidad con un costo relativamente accesible al consumidor.

Si bien para mantener controladas todas estas variables necesitaremos una variedad de equipo que nos faciliten el control del proceso, por lo cual dedicaremos un capítulo para la descripción y selección de los equipos que utilizaremos, ya sea como el colector solar, celdas fotovoltaicas y ventilador por mencionar algunos.

Como penúltimo tema se diseñará todo lo que tenga que ver con la línea de producción, partiendo por la cámara de secado, donde se deshidratan los tomates, las bandejas donde se colocarán los tomates, la distribución de los colectores, etc. También se determinarán las dimensiones y materiales de cada equipo y componente y además se mostrarán las vistas principales y la vista isométrica de la planta de deshidratado.

Y para terminar se evaluará económicamente nuestro proyecto, se determinarán los costos de adquisición, mantención, financieros, etc., como también se hará un flujo de caja y se calculará los indicadores VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) para determinar y afirmar la rentabilidad de nuestro proyecto.

## Capítulo 2: Descripción y características de los tomates

### **2.1. Objetivos:**

El fin de este capítulo, aparte de la selección del tipo de tomate, es dar a conocer algunas características generales de los tomates, ya sea como los factores para su cultivo, plagas y enfermedades y composición química.

Información, características y propiedades de los tomates podemos encontrar en todas partes, web, libros, recetas, tips de cocineros, etc., por eso en este capítulo no se hablará en detalle, sino solo de forma general y dar un breve conocimiento de cada tema

### **2.2. Descripción:**

Según expertos y personas relacionadas con el tomate han dado una descripción bien técnica del tomate y de su planta (tomatera):

“La tomatera es una planta anual, herbácea, vellosa, con hojas olorosas y porte arbustivo, erguido o rastrero según las variedades. Puede medir de cuarenta centímetros hasta más de dos metros de alto.

Principalmente, las hojas casi siempre son compuestas, y sus folíolos ovales acostumbran a ser un poco dentados.

Las flores, pequeñas, amarillas, en forma de estrella, se agrupan sobre un mismo pedúnculo semejante a un racimo suelto, de tres a ocho flores. Por lo general, estos ramilletes parecen de forma regular en el tallo cada vez que la planta ha producido tres nuevas hojas (en condiciones favorables, la planta crece continuamente y produce hojas y ramitos de flores).

El ovario de la tomatera es súpero (situado por encima del cáliz) es por lo general bilocular (es decir, que tiene dos carpelos), aunque algunas variedades pueden tener tres, o incluso cinco.

El tomate es una baya, esto es, un fruto carnoso que encierra las semillas. Estas semillas están envueltas en una especie de mucílago, resultado de la gelificación de su membrana exterior.

Aunque los tomates son esféricos y rojos, también pueden tener distintos tamaños, colores y formas. Hay variedades de color blanco, amarillo, naranja o negro violáceo.

El ciclo completo, de semilla a semilla, es de 90 a 120 días en condiciones óptimas, según las variedades; la primera flor aparece a los 50 o 60 días de la siembra, y serán necesarios de 55 a 70 días más para que los tomates maduren.

En la figura 2.1 y 2.2 muestran la tomatera con sus flores y sus frutos respectivamente:



Figura 2.1: Flores de la tomatera.



Figura 2.2: Frutos de la tomatera.

### **2.3. Factores para su cultivo:**

Para su buen crecimiento vamos a dar pequeños datos de los factores que tiene que estar presente en el cultivo de la tomatera.

#### **2.3.1. Luz:**

- Necesitan mucho sol.
- Son auténticas plantas heliófilas.
- Factor necesario para el desarrollo de la fotosíntesis

### **2.3.2. Temperaturas:**

- Clima templado-cálido.
- No gusta del frío y muere con las heladas.
- Temperatura óptima 20°-24° C.
- El tomate se puede cultivar al aire libre o en invernadero.
- El cultivo en invernadero aumenta la producción.

### **2.3.3. Suelo:**

- Blando y bien estercolado.
- El suelo deberá ser profundo, fértil, estar abonado y enriquecido con materia orgánica.
- En los terrenos pobres y poco profundos es aconsejable utilizar bolsas llenas de compost o macetas grandes.
- Ph ligeramente ácido.

### **2.3.4. Semilleros:**

- Se pueden comprar los plantones en centros de jardinería, pero las mejores variedades hay que obtenerlas a partir de semillas.
- Hay que comenzar al principio de la primavera, si se tiene previsto cultivar plantas maduras al aire libre o en invernadero sin calefacción, ya mediados del invierno, si se está en condiciones de mantener una temperatura mínima de 10°C.
- Se siembra en bandeja o maceta con mezcla de cultivo, con las semillas a 5 mm de profundidad y separadas 4 cm.
- Se riega con cuidado y se cubre con una cubierta de vidrio, dotada de papel marrón hasta que germinan, con una temperatura constante de unos 16 °C.
- Se llevan los plantones a macetas de 18 cm llenas de mezcla de cultivo, en cuanto se abren los cotiledones.

### **2.3.5. Siembra:**

- En hileras dobles de 80 cm de distancia y 50 cm entre plantas.
- Los plantines de tomates, necesitan mucho riego y una buena exposición al sol.
- Hay que comprobar que las plantitas se han vigorizado antes de replantarlas. Se las riega bien el día antes.
- Se colocan en hileras con una separación entre sí de 40 cm para los tipos fusiformes y de 60 cm, para las variedades arbustivas; las hileras deberán guardar una distancia de 45 cm.
- Antes de plantar los tipos fusiformes se clavan cañas o rodrigones de 1,25 m.
- Se usa a continuación un desplantador, para colocar las plantas en agujeros aliados de las cañas, y se las deja por debajo del nivel del suelo.
- Se afirma el terreno y se riega bien.

### **2.3.6. Riego:**

- Las tomateras requieren de un riego regular pero no excesivo; suele ser suficiente con una o dos veces a la semana.
- Los riegos irregulares causan un desarrollo irregular del fruto y su agrietamiento.
- Abonado o fertilización:
  - Cuando los primeros racimos muestran sus diminutos frutos, se comienza con la aplicación de un abono rico en potasio que se suministra cada semana junto con el agua.

### **2.3.7. Entutorado o tutorado del tomate:**

- Cuando las plantas crezcan unos centímetros deben tener una guía para sostenerse porque son muy débiles, cuando están a una altura considerable es preferible sostenerlas con cañas entrecruzadas.

### 2.3.8. Poda:

- Hay que proceder a un despunte a intervalos regulares de cualquier brote lateral que se forme en las axilas de los tallos con hojas; el ápice vegetativo se despunta sólo cuando hay cantidad suficiente de racimos con frutos, que pueden ser:

- En climas frescos, se despunta el ápice vegetativo de las variedades fusiformes de exterior por encima del racimo superior, una vez que se han formado cuatro o cinco de éstos.

- En climas muy calientes o en invernadero, puede dejarse que la planta forme ocho o diez racimos.

### 2.4. Plagas y enfermedades:

Para una buena cosecha hay que tener cuidado con las plagas y enfermedades que afectan a los tomates, en la tabla 2.1 se nombran algunas para su conocimiento.

Plagas	Enfermedades	
Pulgones	Pseudomonas	Cladosporiosis
Mosca blanca	Pythium	Verticiliosis
Araña roja	Mildiu	Fusariosis
Seca del tomate	Negrón	Mosaico del tabaco
Nematodos	Antracnosis	Podredumbre apical
Fuente: Ficha info.jardin.com		

Tabla 2.1 Plagas y enfermedades.

**2.5. Composición química del tomate:** La siguiente composición es para los tomates en generales, ya que cada tipo de tomate tiene distinta composición, pero nunca alejado de esta.

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua	94%	Hierro	0,6 mg/100gr
Hidratos de carbono	3% (1% fibra)	Fosforo	24 mg/100gr
Proteínas	1%	Vitamina C	26 mg/100gr
Lípidos	0,30%	Vitamina A	207 mg/100gr
Potasio	258 mg/100gr	Vitamina B1	0,06 mg/100gr
Sodio	3 mg/100gr	Vitamina B2	0,04 mg/100gr
Calcio	10 mg/100gr	Vitamina B3	38 µg/100gr
Fuente: fichas.infojardin.com			

Tabla 2.2 Composición química del tomate fresco.

## **2.6. Tipos de tomate:**

Para que nuestra planta de deshidratado sea lo mejor posible necesitamos conocer la variedad de tomates que se encuentran en el mercado, analizarla y evaluar cuál es el mejor tipo para nuestro proyecto.

Los tomates más comunes que se encuentran en nuestro mercado, sin considerar el tomate redondo típico, son:

### **2.6.1. Tomate RAF:**

Su morfología es especial y muy característica. Es un fruto de forma irregular con profundos surcos que terminan en el centro, de forma ovalada y achatado por los extremos. Estos surcos lo hacen muy reconocible y dan fe de su calidad. Su color es de un verde intenso con pinceladas que se aproximan al negro en su parte superior, como se indica en la siguiente imagen:



Figura 2.3: Tomate RAF.

En su interior se encuentra la pulpa con una coloración rosácea, de textura compacta muy firme y jugosa, carnoso y con semillas pequeñas. Es consistente y, por lo general, tiene un

delicioso sabor dulce debido al equilibrio entre los azúcares y la acidez de tipo cítrica y málica. La maduración se produce de dentro hacia fuera.

El motivo de que el tomate sea tan peculiar se da por sus condiciones de cultivo. Necesita un agua con cierta salinidad para que el fruto contrarreste generando azúcares.

La producción suele estar limitada a unas 2.000 hectáreas y el rendimiento de una planta suele ser de 4 a 6 kilos. El rendimiento de una tomatera de otra variedad oscila entre 20 a 22 kilos de producto de media.

### **2.6.2. Tomate cereza o cherry:**

El tomate cereza es una planta de crecimiento indeterminado. Sus frutos tienen sabor dulce y se pueden encontrar cultivos en color rojo o amarillo, siendo los amarillos aún más dulces al gusto.



Figura 2.4: Tomate cereza o cherry.

Requiere bastante luminosidad, preferiblemente bajo el sol. Un factor importante es si recibe menor cantidad afectará los periodos de floración o el desarrollo vegetativo.

Esta especie vegetal se caracteriza por ser de un tamaño pequeño, con pesos que oscilan entre los 10 a 15 g por tomate y sabor dulce. El rendimiento de éste cultivo con manejo orgánico y una vez regularizado el cultivo después de cierto número de cosechas (4 a 6) se estima en 17 TON/ha, pudiendo incrementarse éste rendimiento hasta en un 30% en manejo bajo invernadero

La recolección y cosecha de la fruta debe hacerse cuando presenta un color amarillo rojizo y no cuando está madura (roja) porque la vida del fruto se reduce. Antes de comenzar el invierno se recomienda cosechar los tomates aún si no están pintos, para esto se recogen los tomates y se guardan en papel periódico, así los tomates madurarán y sobrevivirán al invierno.

### **2.6.3. Tomate pera:**

De marzo a julio aproximadamente, en tierras de climas cálidos se recolecta el tomate pera, fruto híbrido de la tomatara que recibe este nombre debido a su característica forma alargada y oblonga.

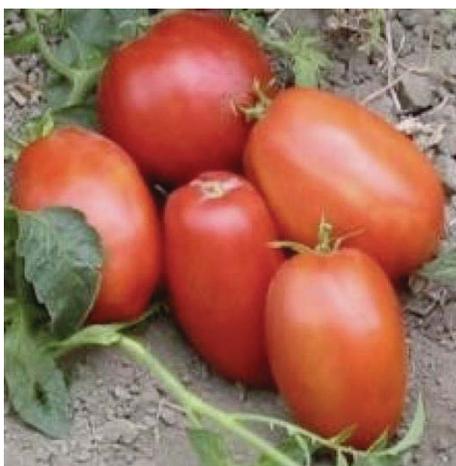


Figura 2.5: Tomate pera.

El tomate pera es el preferido para la elaboración de los tomates en conserva, no sólo por parte de la industria, también en los hogares que se realizan conservas, se aprovechan estos meses

en los que los tomates pera están en su mejor momento para hacer conservas de las piezas enteras, en mitades, triturado o frito, para disfrutar de ellos todo el año.

Además este tomate es uno de los que tienen menor cantidad de humedad interna, lo que los hacen, además de esto teniendo en cuenta su tamaño, ideales para hacer con ellos tomate seco o secado al sol.

Pero también es uno de los tomates de verano más apreciados para la elaboración del refrescante y nutritivo gazpacho, salmorejo y otras sopas frías. El tomate pera es un tomate carnoso, dulce, sabroso y con una piel muy fina. Dichas cualidades también convierten a esta fruta conocida como hortaliza, en el tomate ideal para hacer tomate frito, para comer en ensalada y para untar en el pan tan generosamente como los tomates de colgar.

## **2.7. Conclusión:**

Si bien se explicó brevemente los tipos de tomate, el tomate pera es el tipo de tomate que nos conviene deshidratar. Aunque no se explicitaron datos técnicos, la documentación nos dice que el tomate pera es el que menos humedad contiene en comparación con los otros tipos de tomate analizados, por lo que deshidratar este tipo de tomate nos saldría muy económico, ya que necesitamos sacar menos unidad de agua por fruta.

## Capítulo 3: Estudio de mercado

**3.1. Introducción:** Si bien nuestro producto es tomate deshidratado necesitamos saber cuánto es la demanda y el consumo del tomate fresco (no deshidratado), ya que es nuestra materia prima y dependemos de esta para estimar y calcular nuestra producción como empresa. Por lo tanto antes de estudiar por completo los tomates deshidratado, se hará un análisis de lo que es tomate fresco.

### 3.2. Tomate fresco

**3.2.1. Objetivo:** Determinar si el mercado de tomate es lo suficientemente amplio para abastecer las necesidades mínimas de nuestra planta.

**3.2.2. Superficie y producción:** En las tablas 3.1 y 3.2 se observa una estimación de superficie sembrada de cultivos anuales a nivel nacional y la producción de cultivos anuales.

Cultivo/Año	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13
Trigo	426.100	415.660	420.400	419.660	314.720	232.440	270.546	280.644	264.304	271.415	245.277	253.627
Avena	93.250	104.620	122.580	76.680	90.120	82.471	97.938	101.101	75.873	105.643	100.936	126.833
Maíz	87.270	109.600	119.320	134.280	123.560	126.236	134.706	128.270	122.547	119.819	139.268	142.826
Arroz	27.980	28.230	24.900	25.030	27.980	21.765	20.960	23.680	24.527	25.121	23.991	21.000
Cebada	17.450	17.530	11.630	21.530	29.060	18.540	20.623	18.513	16.854	20.184	14.806	12.202
Poroto	28.190	25.870	26.500	23.560	25.650	11.672	11.885	16.718	13.512	12.532	6.428	11.050
Papa	61.360	56.000	59.560	55.620	63.200	54.900	55.976	45.097	50.771	53.653	41.534	49.576
Remolacha	47.430	27.140	29.430	31.410	27.670	20.915	14.850	12.870	16.264	20.236	19.495	18.039
Tomate	7.690	8.350	8350	7.295	7.740	7.294	6.902	4.350	6.244	6.325	7.149	7.630

Fuente: elaborado por Odepa con información del INE

Cifras del VIII Censo Nacional Agropecuario

Tabla 3.1: Estimación de superficie sembrada de cultivo anuales a nivel nacional (hectareas)

Cultivo/Año	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
Trigo	1.820.387	1.797.084	1.921.084	1.851.940	1.403.689	1.104.571	1.237.861	1.145.290	1.523.921	1.575.822	1.213.101
Avena	416.296	488.050	538.600	357.352	435.041	341.991	383.759	344.212	380.853	563.812	450.798
Maíz	924.211	1.189.729	1.320.606	1.507.766	1.381.894	1.123.091	1.365.472	1.345.653	1.357.921	1.437.561	1.493.292
Arroz	141.927	140.849	119.265	116.832	160.315	110.268	121.400	127.311	94.673	130.375	140.778
Cebada	77.141	77.010	56.156	102.417	136.700	87.895	95.869	73.424	97.370	122.682	75.826
Poroto	45.043	47.909	48.712	44.597	50.262	19.481	20.433	28.396	23.420	24.131	11.249
Papa	1.303.268	1.093.728	1.144.170	1.115.736	1.391.378	834.860	965.940	924.548	1.081.349	1.676.444	1.093.452
Remolacha	3.191.807	1.953.306	2.278.303	2.597.771	2.199.783	1.634.437	1.208.496	1.042.418	1.420.668	1.951.066	1.824.001
Tomate	435.692	526.377	526.377	469.788	532.877	328.685	316.029	272.813	450.729	566.711	621.891

Fuente: elaborado por Odepa con información del INE

Cifras del VIII Censo Nacional Agropecuario

Tabla 3.2: Producción de cultivos anuales (toneladas)

Si bien en las superficies sembradas de tomate hubo una gran baja en el año 2009, en los años siguientes ha aumentado de 4.000 a 7.000 hectáreas aproximadamente. En cuanto a producción también hubo una baja ese mismo año, pero aumento, llegando cerca a las 600.000 toneladas al año.

A continuación se muestra un gráfico mostrando con mayor claridad las superficies plantadas y la producción de tomate.



Gráfico 3.1: Superficie y producción de tomates.

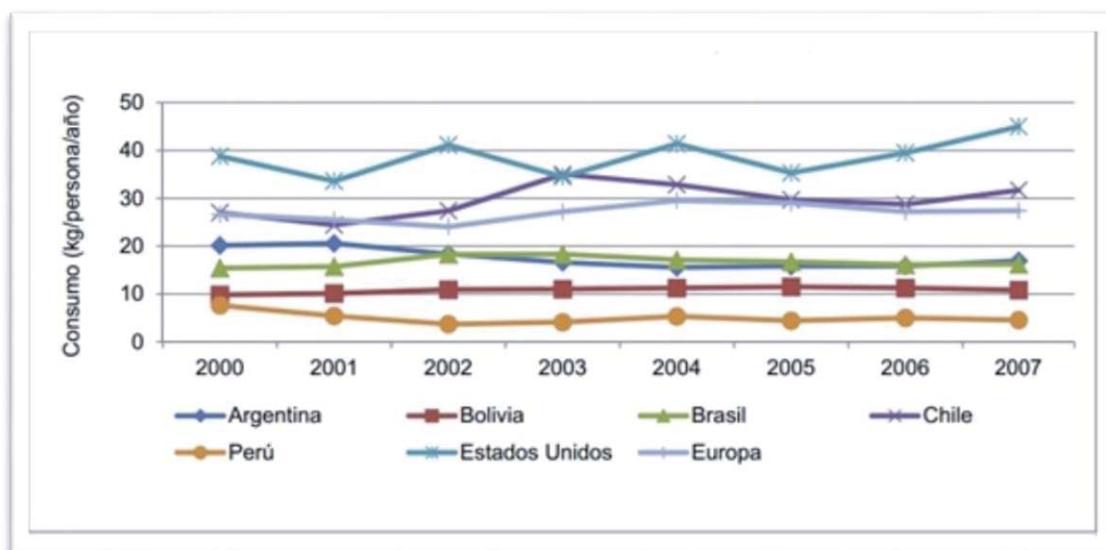
Datos de la tabla 3.1 y 3.2 (Filas de tomate)

Como se puede apreciar en el gráfico 3.1, tanto la superficie como la producción no tienen grandes variaciones al pasar de los años, excepto en el año 2008 donde hubo heladas en gran parte del país, por lo que obviamente baja la producción y no se plantan las mismas cantidades, ya que las heladas matan la planta de tomate (tomatera) y producen menos. Si bien bajo casi a la mitad la producción y superficie de tomates, aunque esto ocurre en años específicos y muy críticos los cuales no ocurren a menudo, aun así hay que tener mucho cuidado con estos índices y evaluarlos todos los años.

**3.2.3. Consumo:** El tomate ocupa un lugar muy importante en la alimentación de la familia chilena, ocupando el primer lugar entre las hortalizas de la canasta familiar (ponderación de 0,32%), lo que significa que es la hortaliza a la que los hogares destinan más recursos, de acuerdo al INE.

Conforme a las estimaciones de la FAO, el consumo de tomate en Chile era de 31,7 kg/persona/año en el año 2007.

El gráfico 3.2 muestra como es el consumo en Chile con respecto a los demás países y se muestra explícitamente que Chile es el segundo país que consume tomate per cápita. Dado este dato se confirma la gran producción de tomate que tiene Chile.



Fuente: elaborado por Odepa con información de FAO, 2012.

Gráfico 3.2: Consumo per cápita de tomate por país.

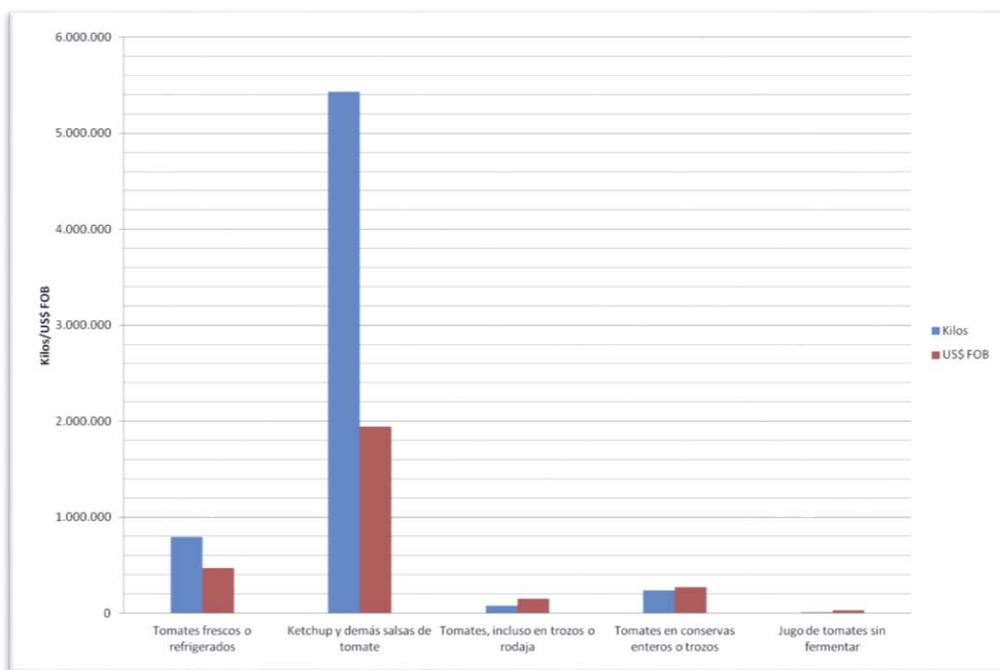
### 3.2.4. Exportaciones:

La producción chilena de tomates para consumo fresco se estima en cerca de 600.000 toneladas (tabla 3.2), de las cuales la casi totalidad es destinada al consumo interno, siendo muy pequeño y variable el volumen exportado. Por otra parte, las importaciones son mínimas y esporádicas. La tabla 3.3 muestra el volumen exportado de tomate fresco y sus derivados juntos con otras hortalizas en kilos y US\$ FOB.

Productos	Volumen (kilos)			Valor (US\$ FOB)			US\$/kilos
	Enero - Abril			Enero - Abril			
	2010	2010	2011	2010	2010	2011	
Cebollas, frescas o refrigeradas	83.968.497	52.790.698	50.322.095	40.326.580	25.530.125	24.263.203	0,48
Ajos, frescos o refrigerados	6.156.159	4.406.081	6.389.213	18.684.039	13.536.820	19.891.408	3,04
Patatas (papas)	789.025	199.525	1.000	213.338	69.260	860	0,27
Espárragos, frescos o refrigerados	117.022	6	78	259.778	24	300	2,22
Tomates frescos o refrigerados	789.861	633.371	9.518	619.181	472.470	13.057	0,78
Kétchup y demás salsas de tomate	5.432.455	1.749.843	1.434.983	5.810.113	1.943.125	1.505.854	1,07
Tomates, incluso en trozos o rodaja	75.851	19.416	63.928	611.813	151.032	640.170	8,07
Tomates en conservas enteros o trozos	237.930	221.052	10.198	290.616	273.736	10.791	1,22
Jugo de tomates sin fermentar	7.528	7.201	14	33.344	32.567	329	4,43

Fuente: elaborado por Odepa con información del Servicio Nacional de Aduanas.

Tabla 3.3: Exportación de hortalizas y derivados del tomate



Fuente: Elaboración propia con información de la Odepa.

Gráfico 3.3 Exportaciones de hortalizas y derivados del tomate.

Como se puede apreciar en el gráfico 3.3 las mayores exportaciones son de ketchup y salsas de tomates, y no la de tomate fresco, esto puede ser obvio, ya que el ketchup y las salsas no son 100% tomate fresco, sino con algunos químicos y condimentos extras; y además es un producto elaborado por lo que es más fácil y es menos exigente exportarlo que los tomates frescos.

Las exportaciones de tomates en comparación con su producción son relativamente poca (0,18%), por lo cual las exportaciones no nos afectan para adquirir tomates.

**3.2.5. Precios:** Los precios de las hortalizas varían a lo largo del año de acuerdo a su mayor o menor disponibilidad en los mercados y de acuerdo a la demanda de los consumidores. La estacionalidad en la oferta de las hortalizas, en algunos casos, ha ido reemplazándose por una oferta del producto a lo largo del todo año, como sucede, por ejemplo, con los tomates, que debido a su alta demanda se consumen durante todo el año.

El alza de precios en los tomates está relacionada con el término de la producción de la zona central, que alcanza la más alta disponibilidad del producto en el mes de febrero. Al acercarse los meses de invierno el producto se encarece, dado que viene del norte del país y su costo aumenta.

Producto	Unidad	2010		2011		Promedio (2010 ~ 2011)
		Marzo	Abril	Marzo	Abril	
Ajo	\$/kilo	1.112	1.165	1.454	1.312	1.261
Betarraga	\$/1.000 unidades	31.436	30.460	34.238	34.267	32.600
Coliflor	\$/100 unidades	28.332	19.829	29.008	26.790	25.990
Porrón/puerro	\$/1.000 unidades	105.000	100.000			102.500
Tomate	\$/caja 20 kilos	2.535	2.592	3.261	3.900	3.072

Fuente: elaboración propia con información de la Odepa

Tabla 3.4: Precios mensuales de hortalizas en mercados mayoristas de Stgo.

Pesos nominales sin IVA

Producto	Unidad	2010		2011		Promedio (2010 ~ 2011)
		Marzo	Abril	Marzo	Abril	
Choclo choclero	\$/unidad	244	259	241		248
Lechuga costina	\$/unidad	579	566	627	580	588
Poroto verde	\$/kilo	926	1.054	953	1.025	990
Tomate	\$/kilo	653	556	679	671	640
Zapallo camote	\$/kilo	673	610	793	788	716

Fuente: elaboración propia con información de la Odepa

Tabla 3.5: Precios de hortalizas al consumidor en supermercados

Precios nominales con IVA

La tabla 3.4 muestra los precios al por mayor de distintos productos. Los 20 kilos de tomate cuestan \$3.072 como promedio de los dos años, por lo tanto al comprar tomates en este tipo de mercado saldría \$154/kilo ( $\$3072 / 20$  kilos).

La tabla 3.5 indica los precios al consumidor en supermercado de distintos productos. El precio del tomate como promedio de los años 2010 y 2011 es de \$640/kilo.

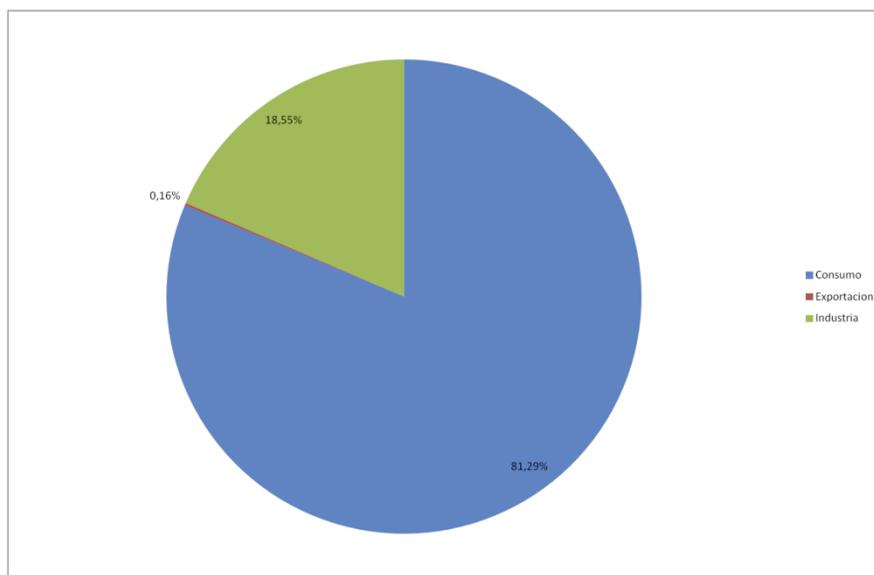
Estos dos precios hay que tenerlos en cuenta a la hora de diseñar la planta de deshidratado, ya que en los capítulos posteriores se hará un análisis y una comparación entre comprar los tomates frescos todos los días o comprar al por mayor e invertir en una cámara o sala de almacenamiento para el mes.

**3.2.6. Conclusión:** La producción de tomate en los últimos 3 años es de aproximadamente de 650.000 toneladas. Si restamos el consumo aproximado para Chile que es de 504.000 toneladas ( $31,7 \times 16.000.000$ ) y las exportaciones que en su mejor momento fueron cercanas a 1.000 toneladas, quedarían disponibles 145.000 toneladas anuales para tener en cuenta cuando se diseñe la planta de deshidratado.

### 3.3. Tomate deshidratado

**3.3.1. Producción:** Como se puede apreciar en el gráfico 3.4, el nivel de producción de tomate destinado a la agroindustria en general, alcanza un 18,55%, la exportación en fresco y sus derivados alcanza un 0,16% de la producción total, y el tomate fresco destinado a consumo nacional alcanza un 81,29%.

No obstante, el nivel de producción de tomate que es destinado a deshidratado se estima bajo, pues la gran mayoría de la producción destinada a la agroindustria se destina a la confección de conservas, pastas y salsas



Fuente: Elaboración propia con información de la Odepa.  
Gráfico 3.4 Distribución de la producción nacional de tomate.

**3.3.2. Exportaciones:** La tabla 3.6 muestra los valores FOB en miles de US\$ de las exportaciones de frutas frescas y procesadas de los años 2001, 2003, 2005 y 2006. Como se puede apreciar los tomates deshidratados no aparecen en la tabla, ya que en estos años no era un producto demandado, no se conocían las propiedades que da al consumirlo o eran tan bajos los valores de exportación que los organismos como la Odepa no los informaban en sus reportes. Sin embargo en la tabla 3.7 muestra las exportaciones de hortalizas deshidratadas desde el año 2010 hasta Agosto del 2014, aquí podemos observar que los tomates deshidratados llegan a un nivel importante de exportación, por lo que se puede concluir que cada año es un producto más demandado por la población mundial.

Principales especies	Valor FOB en miles de US\$			
	2001	2003	2005	2006
Uvas frescas	576.631	751.745	917.340	963.005
Pasas	35.627	45.497	81.308	79.799
Jugo de uva	12.199	13.689	24.808	33.352
Manzanas frescas	236.875	317.171	333.982	429.786
Manzanas secas	13.188	17.847	20.569	25.516
Néctar y jugo de manzana	45.765	50.878	51.023	67.404
Peras frescas	59.828	66.448	73.821	78.401
Peras en conserva	369	966	1.392	725
Kiwis	65.934	91.772	110.712	124.480

Fuente: Elaborado por Odepa con antecedentes del Servicio Nacional de Aduanas

Tabla 3.6 Valor de las exportaciones de frutas frescas y procesadas. Mejores especies.

	Volúmenes (Kilos)				
	2010	2011	2012	2013	2014 Ene-Ago
Pasas	54.711.346	70.164.244	73.568.208	67.153.843	35.563.539
Ciruelas	67.172.127	57.965.959	76.852.341	62.684.099	40.281.495
Manzanas secas	6.423.926	5.268.853	5.850.721	5.410.804	3.670.833
Ají	715.195	1.197.538	885.900	152.200	86.345
Tomates	75.852	121.009	144.852	92.565	130.750
Cebollas	152.714	244.090	193.865	242.516	132.113
Ajo	104.970	148.284	146.923	174.200	118.626
Puerros	5.478	7.658	5.688	4.987	1.136

Fuente: Elaborado por la Odepa con información del Servicio Nacional de Aduanas

Tabla 3.7 Exportaciones de hortalizas deshidratadas.

La tabla 3.8 muestra las exportaciones de hortalizas deshidratadas a cada país en volumen (kilos). EE.UU y México son los países a los que más se exportan hortalizas deshidratadas y cada año van en aumento superando las 115.000 toneladas de hortalizas deshidratadas. Venezuela y Brasil también lideran las exportaciones teniendo un tope de 70.000 toneladas por año y son una buena opción para la venta de nuestro producto.

	Volúmenes (Kilos)				
	2010	2011	2012	2013	2014 Ene-Ago
EE.UU.	117.929.971	126.707.689	129.744.457	128.525.689	113.582.670
México	61.923.394	78.395.296	71.733.292	74.119.657	43.657.144
Venezuela	61.939.396	61.548.346	57.747.696	57.450.587	24.275.132
Brasil	47.152.703	32.832.339	37.075.150	42.506.289	28.009.503
Rusia	44.687.002	41.567.165	61.902.417	48.172.460	34.112.695
Alemania	23.183.784	30.625.825	25.790.369	17.884.855	10.825.412
Japón	31.198.137	37.903.306	41.169.957	35.695.871	20.396.930
Canadá	25.537.497	33.582.611	30.210.961	28.205.261	21.407.391

Fuente: Elaborado por la Odepa con información del Servicio Nacional de Aduanas  
 Tabla 3.8 Exportaciones a cada país de hortalizas deshidratadas.

Como conclusión general cada año van aumentando las exportaciones de hortalizas deshidratadas a distintos países del mundo. Cabe destacar que los países nombrados en la tabla 3.8 son los con más cantidad de kilos, por lo que países que no están también son opción de exportación, como la Unión Europea y China

**3.3.3. Importaciones:** La tabla 3.9 muestra las importaciones en kilos de distintas hortalizas deshidratadas desde el año 2010 hasta Agosto del 2014.

Las principales hortalizas son los cocos y las ciruelas con un promedio de 1.519.760 y 1.197.730 kilos por año respectivamente (entre los años 2010 y 2013).

La importación de tomates deshidratado es de 235.433 kilos por año (promedio entre los años 2010 y 2013) y aunque durante estos últimos 4 años varia la cantidad de kilos tanto para más como para menos, no baja de los 100.000 kilos por año.

	Volúmenes(Kilos)				
	2010	2011	2012	2013	2014 Ene-Ago
Cocos	1.616.362	1.517.909	1.535.180	1.409.587	1.273.812
Círuelas	1.095.181	1.157.733	627.785	1.910.221	308.953
Cebollas	672.484	605.021	586.419	649.960	443.330
Pasas morenas	549.210	140.975	1.422.291	1.341.140	62.001
Manzanas	162.278	77.155	56.535	60.742	21.824
Tomates	168.932	170.419	305.688	296.694	132.458
Ajo	445.738	480.609	441.519	543.091	338.562

Fuente: Elaborado por la Odepa con información del Servicio Nacional de Aduanas

Tabla 3.9 Importaciones de hortalizas deshidratadas.

La tabla 3.10 muestra los distintos países que importan hortalizas deshidratadas.

Argentina y EE.UU son los países que mayor importan hortalizas, teniendo como promedio 25.922.066 y 15.610.184 kilos al año respectivamente, lo cual es un gran mercado para acceder y vender nuestro producto.

Los países como Bélgica, China y los que siguen en la tabla 3.10 también son accesibles, aunque no importan tanto como Argentina y EE.UU, estos países importan sobre 5.000.000 de kilos al año, por lo que aun así es un muy buen mercado.

	Volúmenes(Kilos)				
	2010	2011	2012	2013	2014 Ene-Ago
Argentina	28.555.124	28.653.999	22.810.351	23.668.791	10.472.437
EE.UU.	10.707.675	10.676.037	18.107.844	22.949.180	17.003.147
Bélgica	19.231.363	20.524.707	34.235.824	39.805.798	26.400.073
China	11.540.420	12.994.000	12.902.876	13.009.627	10.889.505
Brasil	6.638.136	6.539.346	7.353.629	7.617.848	4.990.198
Ecuador	5.803.159	6.848.356	7.198.184	8.291.598	5.567.301
Perú	8.906.792	11.825.834	15.688.663	18.709.688	18.058.475
Holanda	9.246.784	7.171.676	14.880.119	14.842.915	13.348.784

Fuente: Elaborado por la Odepa con información del Servicio Nacional de Aduanas

Tabla 3.10 Países que importan hortalizas deshidratadas.

**3.3.4. Precios:** El tomate deshidratado como se ha dicho anteriormente no es un producto muy popular, por lo que información veraz y detallada no hay por parte de los organismos que podrían tenerlo, como la Odepa, INIA, Servicio Nacional de Aduanas, ProChile, etc., por lo que para tener una idea del precio de los tomates deshidratado al consumidor se buscó el precio de varias empresas, aunque sus productos de venta varían un poco, el precio no se aleja mucho de la media.

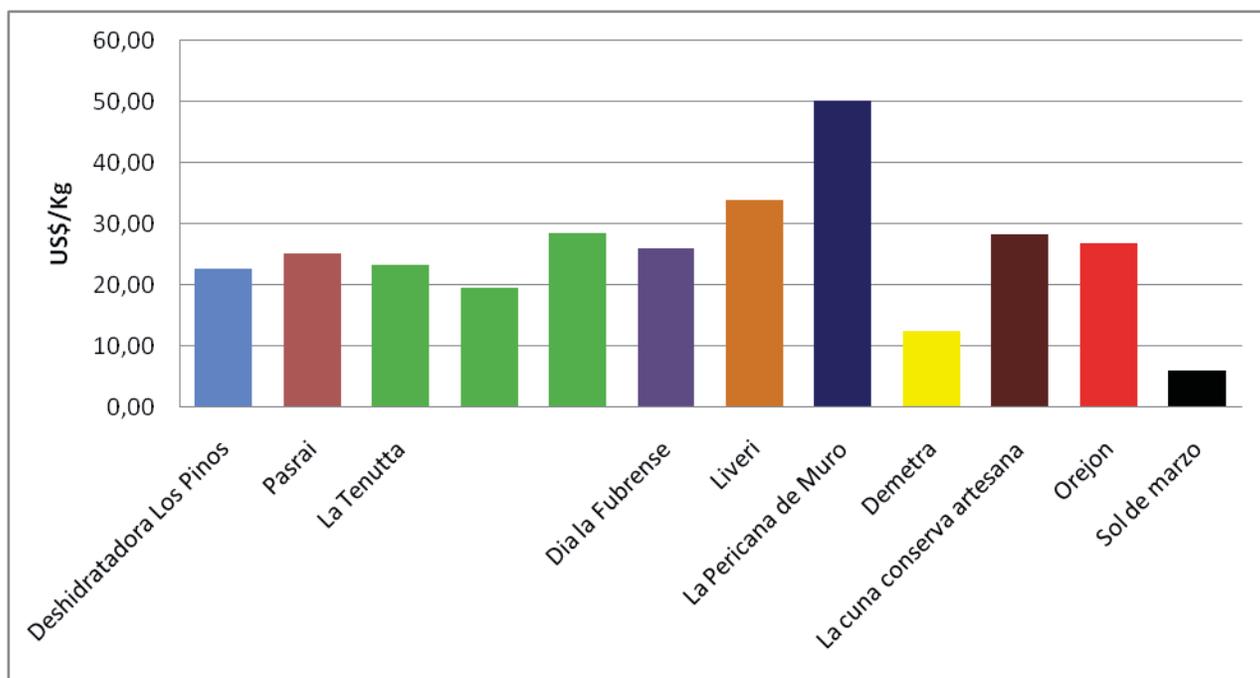
La tabla 3.9 muestra las distintas empresas que venden tomate deshidratado, en qué cantidad y sus precio al consumidor. Además se agregó una columna donde indica el precio por kilo, parámetro importante para nuestro proyecto y ver las expectativas de comercio.

Nº	Empresa	Especificaciones	Cantidad (gramos)	Precio US\$	US\$/Kg
1	Deshidratadora Los Pinos	Seco	200	4,55	22,75
2	Pasrai	Seco	150	3,77	25,13
3	La Tenutta	Bañado en aceite	250	5,85	23,40
		Seco	1000	19,5	19,50
4	Dia la Fubrense	Seco	100	2,6	26,00
5	Liveri	Seco	290	9,854	33,98
6	La Pericana de Muro	Con hierbas y en aceite	106	5,33	50,28
7	Demetra	En aceite de oliva	1000	12,48	12,48
8	La cuna conserva artesana	En aceite	200	5,681	28,41
9	Orejon	Seco	150	4,03	26,87
10	Sol de marzo	Seco	250	1,482	5,93

Fuente: elaboración propia con información del mercado Argentino.

Tabla 3.9: Precios de tomate deshidratados de distintas empresas.

El gráfico 3.13 muestra claramente el precio por kilo que tiene cada empresa. Como promedio el precio del tomate deshidratado redondea los 30 US\$/kilo. Si bien este es el precio al consumidor y con distintas especificaciones, algunos secos y otros en aceites, por lo que para tener un precio más real se descontara un 25%, considerando los impuestos, IVA, transporte, etc., por lo que un precio más real que tiene el tomate deshidratado seria de 22.5 US\$/kilo.



Fuente: Elaboración propia con datos del mercado Argentino.

Gráfico 3.13 Precios de distintas empresas del mercado Argentino.

**3.4. Resumen y conclusión:** En este capítulo se analizó varios parámetros, primero se realizó un estudio de la materia prima (tomate fresco), por lo que quedó demostrado de que es un mercado amplio y no hay problema en participar en él. Además se hizo el estudio de los tomates deshidratados, se analizó la producción, exportación e importación del producto. Y por último se analizó el precio, por lo que se llegó a que un precio comercial razonable viendo distintas empresas de 22.5US\$/kilo.

## Capítulo 4: Distintos métodos de deshidratación

**4.1. Introducción:** La deshidratación ha sido, desde tiempos remotos, un medio de conservación de alimentos. El agua retirada durante este secado, deshidratación o concentración, puede ser eliminada de los alimentos por las simples condiciones ambientales o por una variedad de procesos controlados de deshidratación en los que se someten a técnicas que emplean diferentes medios como calor, aire, frío, y ósmosis. Esta eliminación de agua puede ser casi completa y se busca prevenir al máximo los cambios en el alimento, a fin de lograr luego durante la reconstitución, obtener productos lo más parecidos a los alimentos originales. Los niveles de humedad remanente llegan alcanzar valores de 1 al 5%, según el producto.

Existen diferentes métodos de secado y un mayor número de modificaciones de los mismos. El método escogido depende del tipo de alimento que se va a deshidratar, el nivel de calidad que se puede alcanzar y el costo que se puede justificar.

A continuación se explicará los métodos deshidratación que se ocupa frecuentemente en la industria.

**4.2. Deshidratación por aire:** Para deshidratar frutos mediante aire depende del procedimiento para transmitir el calor al sólido húmedo. En éstos se distinguen los secadores directos, que utilizan gases calientes en contacto con el sólido húmedo para suministrar el calor y arrastrar el líquido vaporizado, los secadores indirectos en los que el calor se transmite al sólido húmedo a través de la pared que lo contiene, eliminándose el líquido vaporizado independiente del medio calefactor, los secadores dieléctricos y secadores por radiación.

**4.2.1. Secadores directos:** Se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmiten calor por convección fundamentalmente y que arrastran fuera del secador los vapores producidos.

Los gases calientes más utilizados son:

- Aire calentado por vapor de agua
- Productos de la combustión
- Gases inerte
- Vapor recalentado
- Aire calentado por radiación solar

En este tipo de secadores el consumo de combustible es tanto mayor cuanto más bajo es el contenido de humedad residual del producto final. También pueden ser continuos o intermitentes, siendo el costo de funcionamiento menor en los primeros y utilizándose en los segundos para bajas capacidades de producción y para el tratamiento de productos que requieren manipulación especial.

**4.2.2. Secadores indirectos:** Se caracterizan porque en ellos la transmisión de calor hasta el material húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente metálicas.

Las fuentes de calor pueden ser:

- Vapor que condensa
- Agua caliente
- Aceites térmicos
- Gases de combustión
- Resistencia eléctrica

Los secadores indirectos permiten la recuperación del disolvente y son apropiados para la desecación a presiones reducidas y en atmosferas inertes, lo que los hace recomendable para deshidratar productos termolábiles o fácilmente oxidables, pudiendo utilizar métodos de agitación para asegurar una mejor transmisión de calor y eliminar los gradientes de humedad del producto.

Al igual que los secadores directos, pueden funcionar en régimen continuo o intermitente.

**4.2.3. Secadores por radiación:** Se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad del producto. Esta energía se produce eléctricamente (infrarrojo) o por medio de refractarios únicamente calentado por gas. El costo de la energía necesaria para este método es de dos a cuatro veces mayor que el costo del combustible en los secadores descritos anteriormente.

**4.2.4. Secadores por dieléctrico:** Se caracteriza por generar calor en el interior del propio sólido, en virtud de un campo eléctrico de alta frecuencia que provoca una gran agitación de las moléculas polares, cuya fricción genera el calor necesario para la evaporación. Puesto que el campo eléctrico es uniforme en todo el espesor del dieléctrico, el calentamiento es prácticamente uniforme y simultáneo en toda la masa del sólido, lo que lo hace interesante para la deshidratación de piezas de gran tamaño sin peligro de recalentamiento en la superficie.

Su campo de aplicación es todavía muy reducido debido a su alto costo de operación que puede ser diez veces superior al del combustible necesario en los secadores directos y elevados costos de equipo auxiliar requeridos para generar este tipo de energía.

**4.3. Deshidratación por rocío:** Los sistemas de deshidratación por rocío requieren la instalación de un ventilador de potencia apropiada, así como un sistema de calentamiento de aire, un atomizador, una cámara de desecación y los medios necesarios para retirar el producto seco. Mediante este método, el producto a deshidratar, presentado como fluido, se dispersa en forma de una pulverización atomizada en una contracorriente de aire seco y caliente, de modo que las pequeñas gotas son secadas, cayendo al fondo de la instalación. Presenta la ventaja de su gran rapidez.

**4.4. Deshidratación por vacío (liofilización):** Este proceso consiste en la eliminación de agua de una sustancia húmeda mediante la sublimación al vacío. Consta de tres fases: sobrecongelación, desecación primaria y desecación secundaria.

La conservación de bacterias, virus u otros microorganismos fue su primera aplicación, pero en la actualidad se utiliza en medicina para la conservación de sueros, plasma y otros productos biológicos; en la industria química para preparar catalizadores, y en la industria

alimentaria se aplica a productos tan variados como la leche, el café, legumbres, champiñones o fruta. En esta industria es donde tiene mayor aplicación, pues ofrece ventajas tan importantes como la conservación y transporte fácil de los productos, la ausencia de temperaturas altas, la inhibición del crecimiento de microorganismos, ó la recuperación de las propiedades del alimento al añadirle el volumen de agua que en un principio tenía.

**4.5. Deshidratación por congelación:** Consiste en la eliminación de agua mediante evaporación directa desde el hielo, y esto se consigue manteniendo la temperatura y la presión por debajo de las condiciones del punto triple (punto en el que pueden coexistir los tres estados físicos, tomando el del agua un valor de 0,0098 °C).

Este método presenta las siguientes ventajas: se reduce al mínimo la alteración física de las hortalizas, mejora las características de reconstitución y reduce al mínimo las reacciones de oxidación y del tratamiento térmico.

Cuando se realiza la deshidratación mediante congelación acelerada se puede acelerar la desecación colocando el material a deshidratar entre placas calientes.

**4.6. Osmodeshidratación:** El proceso de deshidratación osmótica consiste en sumergir la fruta en una solución concentrada, aproximadamente 75 hasta 90% de azúcar, lo cual crea dos flujos:

Un flujo de agua que sale del producto. Este puede perder alrededor del 60% de agua a temperaturas moderadas de 30 a 50°C, en ausencia de oxígeno y sin cambio de fases (líquido a gaseoso), en un tiempo entre una a tres horas.

Un ingreso de solutos de la solución del producto. Con esto es posible incorporar una cantidad deseada de agente conservante, cualquier solución de interés nutritivo, o mejorar la calidad sensorial del producto mediante la aplicación de sabores. La aplicación del fenómeno de ósmosis en la deshidratación de frutas se puede lograr debido a que un buen número de frutas, como es el caso de la fresa, papaya, mango o melón entre otras, cuentan con los elementos necesarios para inducir la osmosis. Estos elementos corresponden a la pulpa, que en estas frutas consiste en una estructura celular más o menos rígida que actúa como membrana

semipermeable. Detrás de estas membranas celulares se encuentran los jugos, que son soluciones diluidas, donde se hallan disueltos sólidos que oscilan entre el 5 a 18% de concentración. Si esta fruta entera o en trozos se sumerge en una solución o jarabe de azúcar de 70%, se tendría un sistema donde se presentaría el fenómeno de ósmosis. Los jugos en el interior de las células de la fruta están compuestos por sustancias disueltas en agua, como ácidos, pigmentos, azúcares, minerales, vitaminas, etc. Algunas de estas sustancias o compuestos de pequeño volumen, como el agua o ciertos ácidos, pueden salir con cierta facilidad a través de orificios que presenta la membrana o pared celular, favorecidos por la presión osmótica que ejerce el jarabe de alta concentración donde se ha sumergido la fruta.

La presión osmótica presente será mayor en la medida que sea mayor la diferencia de concentraciones entre el jarabe y el interior de los trozos de la fruta. El efecto de esta diferencia se ve reflejado en la rapidez con que es extraída el agua de la fruta hacia el jarabe. El valor de esta diferencia en el ejemplo anterior permite que los trozos de fruta pierdan cerca del 40% del peso durante cerca de 4 horas de inmersión.

## Capítulo 5: Estudio termodinámico de la planta

**5.1. Introducción:** En este capítulo se explicarán y calcularán los parámetros termodinámicos de la planta de deshidratado, como por ejemplo: humedad, tiempo, temperatura, velocidad, entre otras. Además se mostrará un esquema de la planta mostrando los flujos de energías y una tabla con los parámetros termodinámicos. También se mencionaran los equipos a utilizar, pero se describirán y seleccionarán con detalle en el siguiente capítulo.

**5.2. Esquema de la planta:** La figura 5.1 es un esquema de la planta y muestra los equipos. Todo comienza con la radiación solar que nos entrega el sol, la cual alimenta a la celda fotovoltaica para darnos energía eléctrica y mover el ventilador y la bomba; y a los colectores solares, los cuales nos calentarán el agua, el cual pasará por un intercambiador de calor (radiador) y calentará el aire a una cierta temperatura. Este aire caliente más la velocidad proporcionado por el ventilador pasarán por los tomates frescos por un determinado tiempo y le retirarán el agua (humedad) para finalmente dejar el tomate deshidratado.

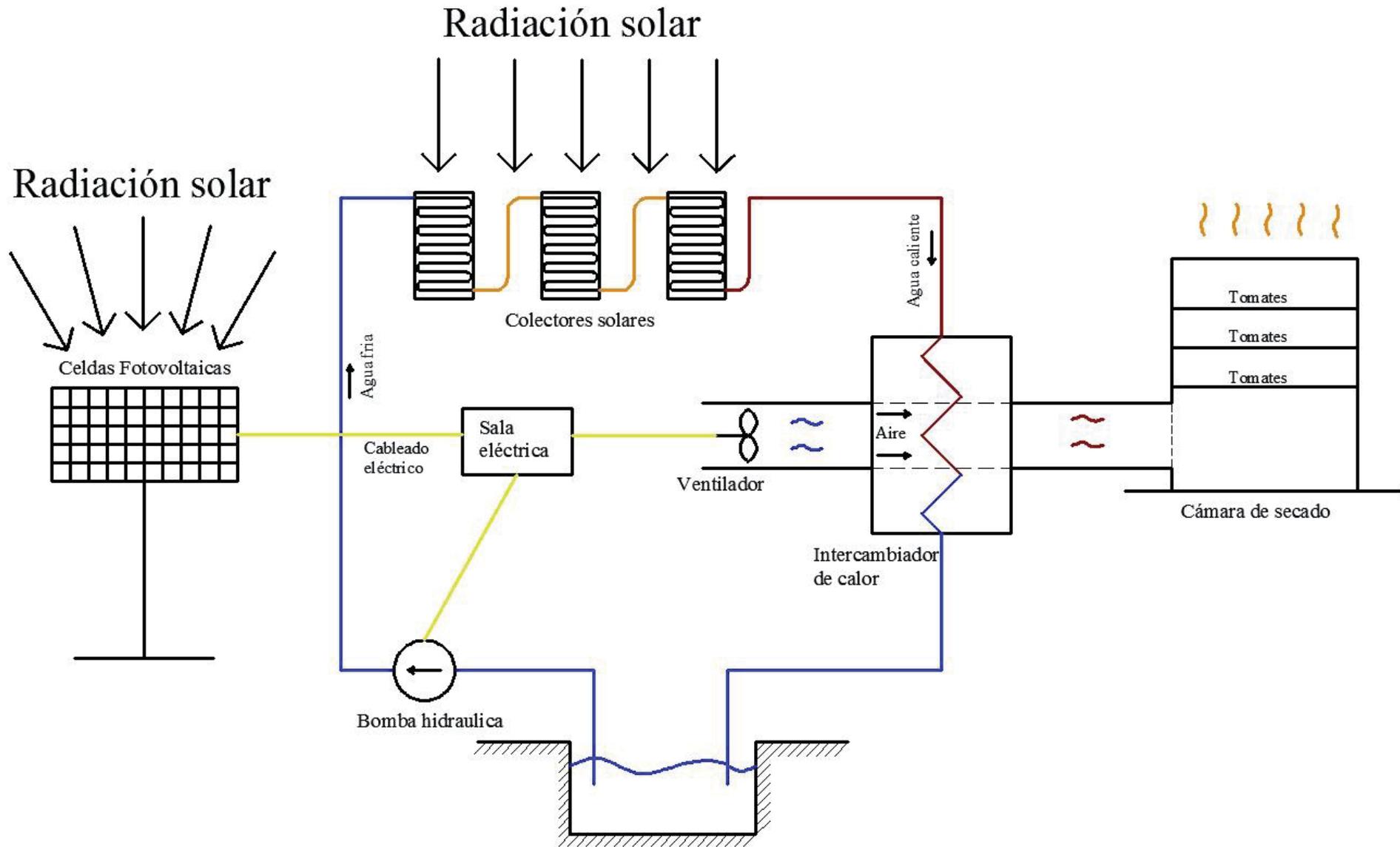


Figura 5.1: Esquema de la planta

**5.3. Parámetros iniciales de la planta:** Para determinar las distintas variables de la planta necesitamos conocer los parámetros que se encuentran en el ambiente, en especial los antecedentes climáticos, radiación, producción inicial y materia prima.

**5.3.1. Ubicación territorial de la planta:** La planta será ubicada en el norte de Chile, IV Región, La Serena, Pueblo Vicuña. El terreno tiene un área de 2 hectáreas, pero por lo deforme que es (relieves), podemos considerar un área efectiva de 1 a 1,5 hectáreas para el montaje e instalación de la planta de deshidratado.

**5.3.2. Antecedentes climáticos:** Los parámetros más importantes que tenemos que saber para tener un control del proceso son temperatura, humedad y presión.

**5.3.2.1. Temperatura:** Para determinar la temperatura promedio del clima, se accedió a la web <http://www.accuweather.com/es/cl/chile-weather> donde nos informan las temperaturas media de todos los días del año. Se tomó el mes de Abril del año 2014 para determinar la temperatura promedio, el cual fue de 18°C. ( $T_1 = 18^{\circ}\text{C}$ )

**5.3.2.2. Humedad:** Mediante estudios de la Universidad de la Serena nos indican la humedad relativa del valle del Elqui durante todo el año a diferentes horas del día.

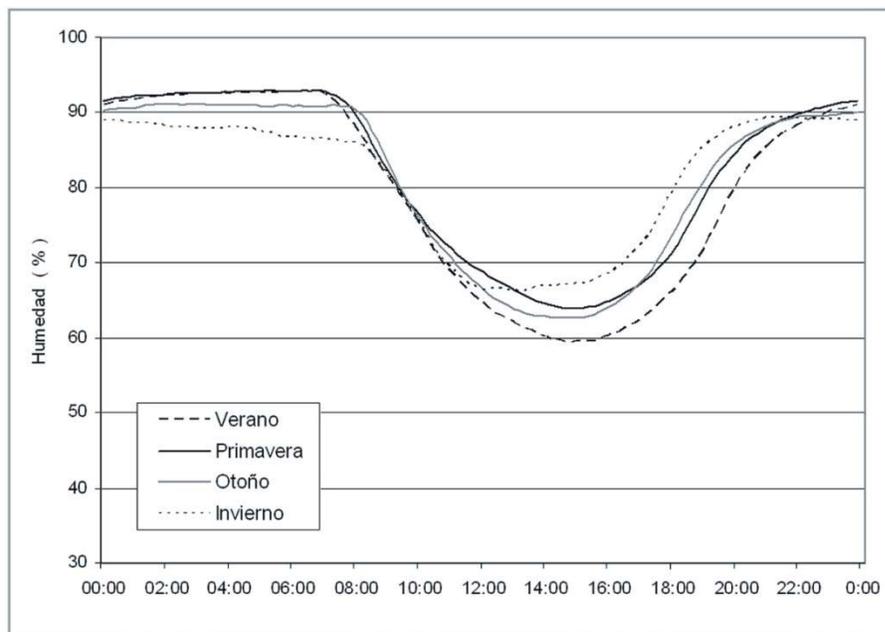


Gráfico 5.1: Humedad relativa en valle del Elqui

En el grafico 5.1 nos indica que tiene una humedad relativa máxima de 90% cerca de la media noche hasta las 8:00 de la mañana y una mínima de 60% en unas horas de la tarde. Si bien nuestra planta funcionará solo durante el día, es conservador tomar la mínima humedad relativa para cubrir cualquier error posible. Por lo tanto se tomará una humedad relativa del 90%. ( $\phi_A = 0,9$ )

**5.3.2.3. Presión:** Como el lugar de la planta se encuentra a 1000 msnm (metros sobre el nivel del mar) aproximadamente, debemos considerar el cambio de presión que hay con respecto a este. Para determinar la presión a una cierta altura se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = P_0 - (\rho \cdot g \cdot h)$$

Donde:

P = Presión a la altura h (Pa)

P<sub>0</sub> = Presión a nivel del mar (101.325 Pa)

$\rho$  = Densidad del aire (Kg/m<sup>3</sup>)

g = Gravedad (9,8 m/s<sup>2</sup>)

h = Altura cuya presión se quiere calcular (1000 m)

Pero la densidad cambia con la presión con la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

Donde:

P = Presión a altura h (Pa)

M = Masa molar del aire (0,02897 Kg/mol)

R = Constante universal de los gases (8,31 J/mol K)

T = Temperatura (K)

Entonces al reemplazar la ecuación de densidad en la ecuación de presión tendremos una sola incógnita (P) la cual la despejamos y reemplazamos los demás valores para obtener la presión a 1000 msnm.

$$P = 90.678 \text{ (Pa)}$$

**5.3.3. Radiación en el norte de Chile (Vicuña):** Según estudios y distintas estaciones situadas en el país, podemos encontrar la radiación solar en el sector de Vicuña (La Serena).

Comuna	kWh/m <sup>2</sup> año	Comuna	kWh/m <sup>2</sup> año
Calama	2506	Linares	1563
San Pedro de Atacama	2466	Chillán	1534
Diego del Almagro	2429	Talca	1509
Antofagasta	2360	Los Ángeles	1498
Arica	2342	Concepción	1497
Copiapó	2174	Juan Fernández	1475
Chañarál	2055	Valparaíso	1431
Santiago	1843	Viña del Mar	1429
<b>La Serena</b>	<b>1814</b>	Coihaique	1347
Ovalle	1749	Valdivia	1338
Los Andes	1706	Osorno	1271
Coquimbo	1701	Puerto Montt	1212
San Fernando	1657	Castro	1163
Curicó	1615	Aysén	1126
Rancagua	1602	Punta Arenas	872

Tabla 5.1: Radiación en Chile

En la tabla 5.1 muestra la radiación solar (kWh/m<sup>2</sup> año) en distintas zonas del país. Para nuestro caso como la planta está ubicada cerca de la ciudad de La Serena tenemos una radiación solar de 1814 kWh/m<sup>2</sup> año, lo cual es equivalente a 700 W/m<sup>2</sup> que nos servirá para seleccionar y determinar los colectores solares y las celdas fotovoltaicas.

**5.3.4. Producción de tomate seco y materia prima:** Las dimensiones del terreno donde se instalará la planta son de 2 [ha] aproximadamente, pero el área efectiva que se podría ocupar sería alrededor de 1 a 1,5 [ha]. Teniendo en cuenta el tamaño de la planta no se puede tener una producción tan grande, ya sea por abastecimiento, tamaños y números de colectores, línea de producción, etc. Por lo tanto se opta por una producción de tomate deshidratado de 5 [Kg/día], esto quiere decir que se necesitan 50 [Kg/día] de tomate fresco, ya que contiene casi un 90% de agua.

El siguiente esquema muestra claramente la proporción de agua y tomate puro dentro del tomate fresco:

50 kg de tomate fresco → 5 kg de tomate puro (50\*0,1) + 45 kg de agua (50\*0,9)

Al necesitar 50 [kg/día] (18.250 kg/año) necesitamos saber qué porcentaje es de la producción anual (621.891.000 [kg/año]) de tomate fresco para ver si es accesible:

$$(18.250 / 621.891.000) * 100 = 0,0025 \%$$

Esto quiere decir que necesitamos un 0,0025% de la producción anual de tomate fresco, lo cual es fácil de acceder.

**5.4. Cálculos:** Los parámetros que hay que calcular en la planta son: tiempo de secado, flujo de agua a retirar del producto, flujo de aire que entra a la cámara de secado, potencia calorífica del aire y del agua que pasa por el radiador, temperatura de salida del aire en la cámara de secado y temperatura de salida del agua del radiador y potencia calorífica necesaria para calentar el agua que entra al radiador (potencia calorífica suministrada por los colectores solares).

**5.4.1. Curva de secado:** Es un gráfico que nos indica el porcentaje de agua en el tomate a lo largo del tiempo, durante determinadas condiciones de secado.

El factor que más influye en la velocidad de secado es la temperatura, la cual es de 60°C <sup>(1)</sup> ya que muchos microorganismos son destruidos cuando llega a este punto y además es el punto límite para que el tomate no pierda sus propiedades ni llegue a quemarse.

(1) Manual de Deshidratación, Temperatura. Escrito por Patricia Valdés Marín.

La velocidad del aire también es importante, pero para secados de frutas las velocidades están acotadas entre 3 a 5 m/s <sup>(2)</sup>, por lo tanto no es un factor que influya tanto al variar la velocidad (por su pequeño rango).

El parámetro que se ocupa en la curva de secado es el “ratio de humedad” que se define como:

$$MR = \frac{(M - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})}$$

Donde:

M = Humedad en base seca

M<sub>eq</sub> = Humedad de equilibrio en base seca

M<sub>0</sub> = Humedad inicial en base seca

MR = Ratio de humedad (Moisture Ratio)

Gracias a expertos en secado <sup>(3)</sup> de alimento nos facilitan el cálculo del ratio de humedad de la siguiente forma:

$$MR = e^{(-k \cdot t^N)}$$

Donde:

t = tiempo [min]

T = temperatura [°C]

k = 4 \* 10<sup>-4</sup> \* T<sup>2</sup> - 0,0003 \* T + 0,0174

N = 5 \* 10<sup>-5</sup> \* T<sup>2</sup> + 0,0093 \* T + 0,6444

El factor ‘k’ es una constante de velocidad de secado y el factor ‘N’ modera el tiempo y mejora los resultados de predicción de la pérdida de la humedad.

Gracias a esta fórmula podemos calcular el MR para cada instante de tiempo.

(2)Manual de Deshidratación, velocidad. Escrito por Patricia Valdés Marín.

(3)Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia, Influencia del método de secado en parámetros de calidad.

Según estudios <sup>(4)</sup> para aplicaciones de secado es conveniente despreciar el contenido de humedad de equilibrio, ya que la humedad relativa del aire fluctúa continuamente durante el proceso siendo un parámetro difícil de determinar. Gracias a esta simplificación podemos obtener la humedad en cada punto con respecto al tiempo teniendo los kilos de humedad inicial.

De esta manera, el ratio de humedad queda igual a:

$$MR = \frac{M}{M_0}$$

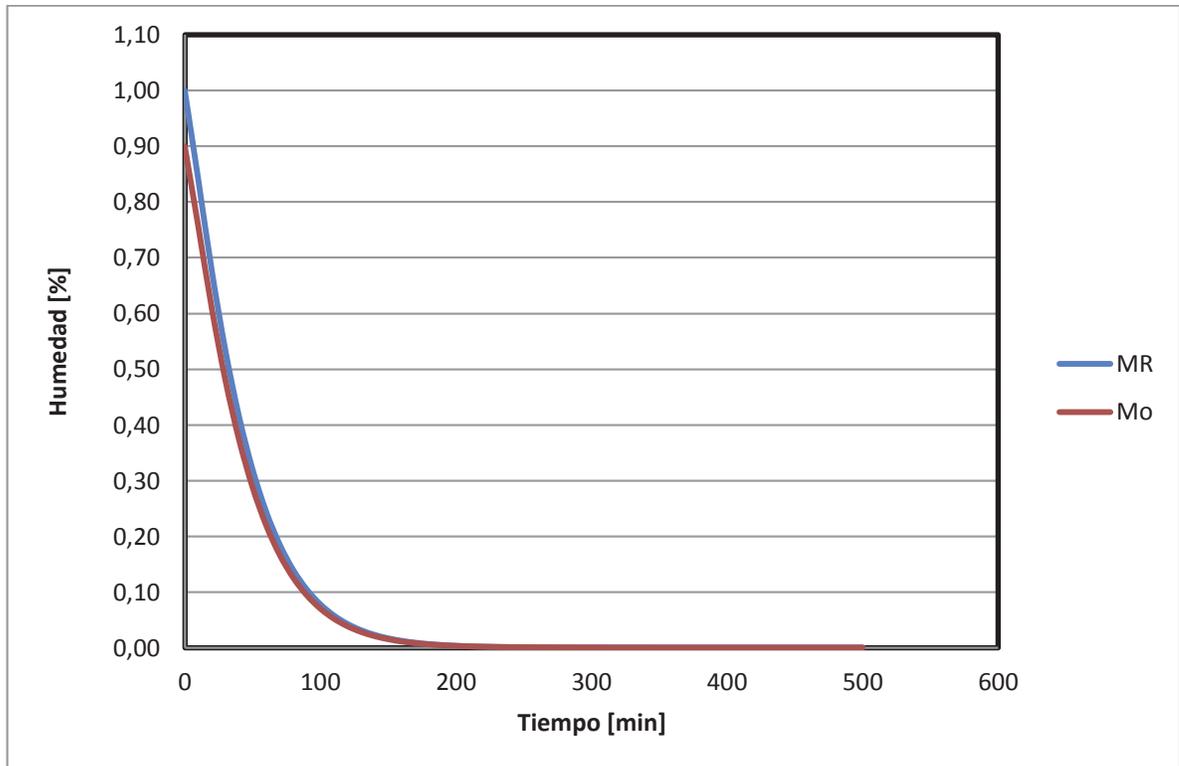


Gráfico 5.2: curva de secado

El gráfico 5.2 muestra cómo decae el MR y M con respecto al tiempo e indica que cerca de los 250 minutos la humedad es cercana a cero, así que tomaremos 480 minutos (8 horas) como tiempo de secado para cubrir cualquier tipo de error, baja radiación en el sector o pérdida de calor en el sistema.

Por lo que concluimos que a 480 minutos deshidratamos 50 kg de tomate fresco en un día.

(4) Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia, Influencia del método de secado en parámetros de calidad.

**5.4.2. Condiciones del aire:** La figura 5.2 muestra el recorrido que hace el aire en la planta de deshidratado, el punto 1 indica que se toma el aire a condición ambiente, el punto 2 es cuando el aire paso por el radiador (intercambiador de calor agua-aire) y se eleva la temperatura adiabáticamente (funcionamiento del I.C.) y el punto 3 cuando pasa por los frutos y cae su temperatura a entalpia constante (enfriamiento evaporativo).

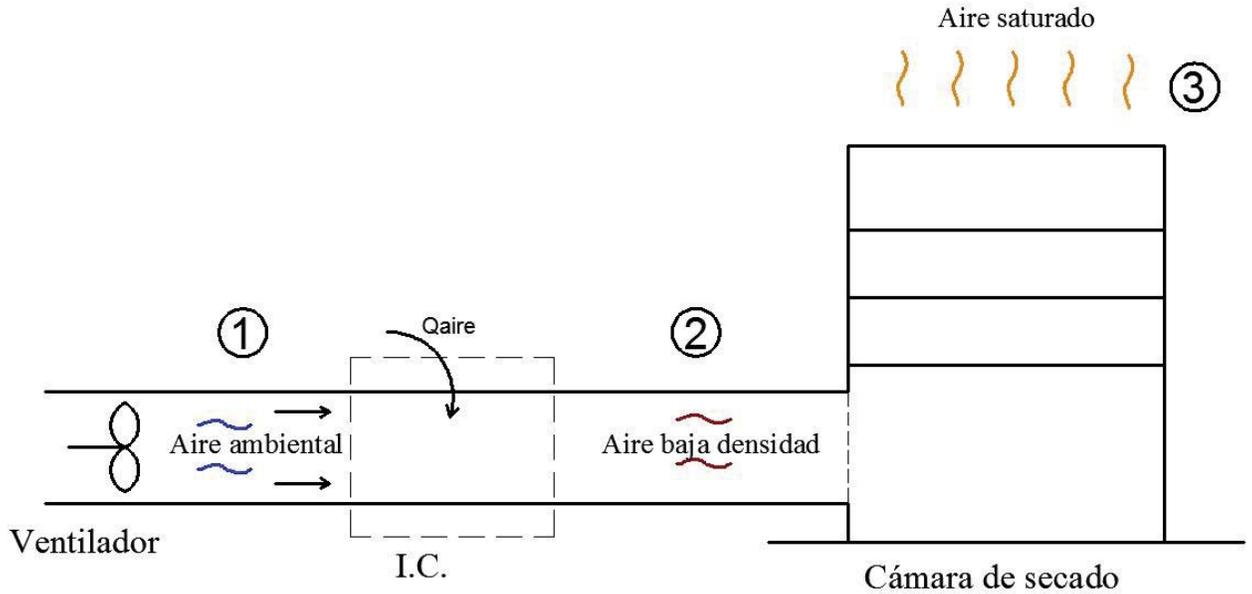


Figura 5.2 Esquema circulación de aire

Los parámetros en cada punto se determinan mediante el grafico 5.3 la cual es una carta psicrométrica a presión de 90.678 [Pa].

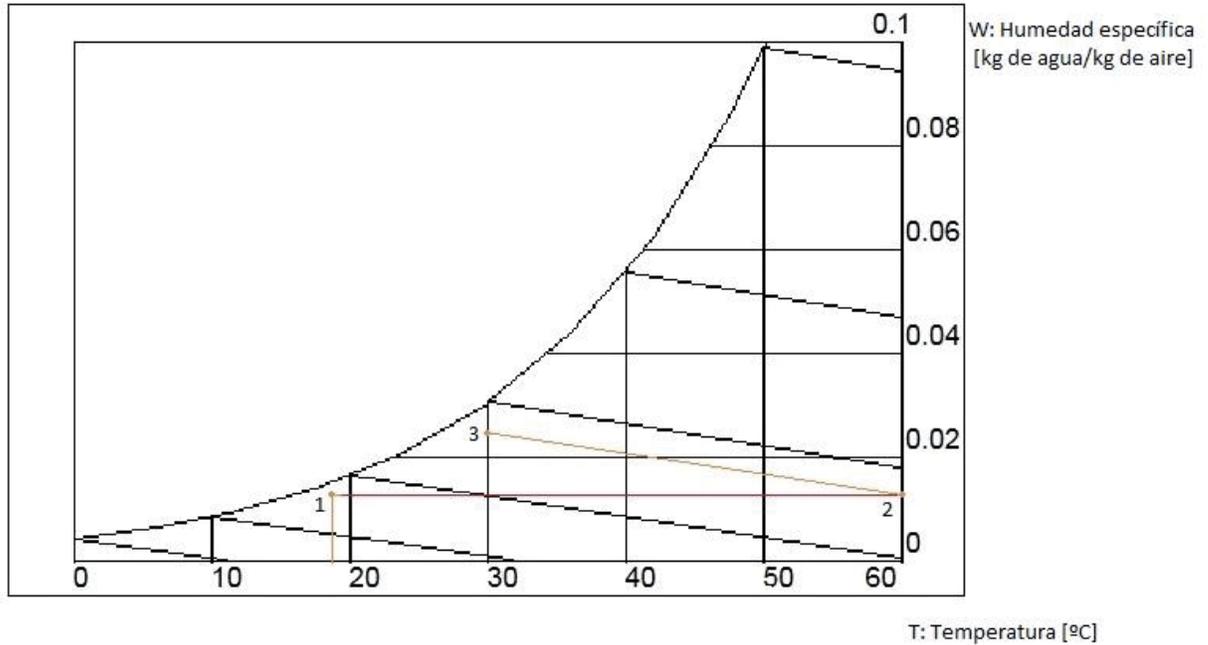


Grafico 5.3: Carta psicrométrica

La tabla 5.2 muestra los parámetros en cada punto de la carta psicrométrica, los cuales no servirán para calcular los demás parámetros de la planta.

Punto	Temperatura °C	Humedad relativa %	Densidad Kg/m <sup>3</sup>	Humedad específica kg de agua/kg de aire
1	18	85	1,086	0,014
2	60	10	0,949	0,014
3	29,7	93	1,044	0,028

Tabla 5.2: Parámetros psicrométricos del aire

**5.4.3. Flujo de agua:** El flujo de agua a retirar se calcula simplemente dividiendo la producción de tomate que se quiere secar por el tiempo de secado:

$$m_{ag} = \frac{\text{Kilos de agua en el tomate (45 kg)}}{\text{tiempo de secado (480 min.)}}$$

Al reemplazar los datos nos da un flujo de agua a retirar de:

$$m_{ag} = 0,0013 \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

**5.4.4. Flujo de aire:** Para calcular el flujo de aire se determina de la siguiente ecuación:

$$m_{as} = \frac{m_{ag}}{(w_3 - w_1)}$$

Donde:

$m_{as}$  = masa de aire seco [kg]

$m_{ag}$  = masa de agua a retirar: 0,0013 [kg/s]

$w_1$  = humedad especifica en el punto 1: 0,014 [kg de agua / kg de aire seco]

$w_3$  = humedad especifica en el punto 3: 0,028 [kg de agua / kg de aire seco]

Al reemplazar los datos nos da un flujo de aire seco de:

$$m_{as} = 0,082 \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

Teniendo la masa de aire seco se puede calcular el flujo de aire que pasará por el sistema:

$$m_a = m_{as} + m_{ag}$$

Al reemplazar los datos nos da un flujo de aire total de:

$$m_a = 0,0833 \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

**5.4.5. Potencias calóricas en el intercambiador de calor:** La figura 5.3 es un esquema del intercambiador de calor, mostrando el flujo de agua y aire que entra y sale de este con sus respectivas temperaturas.

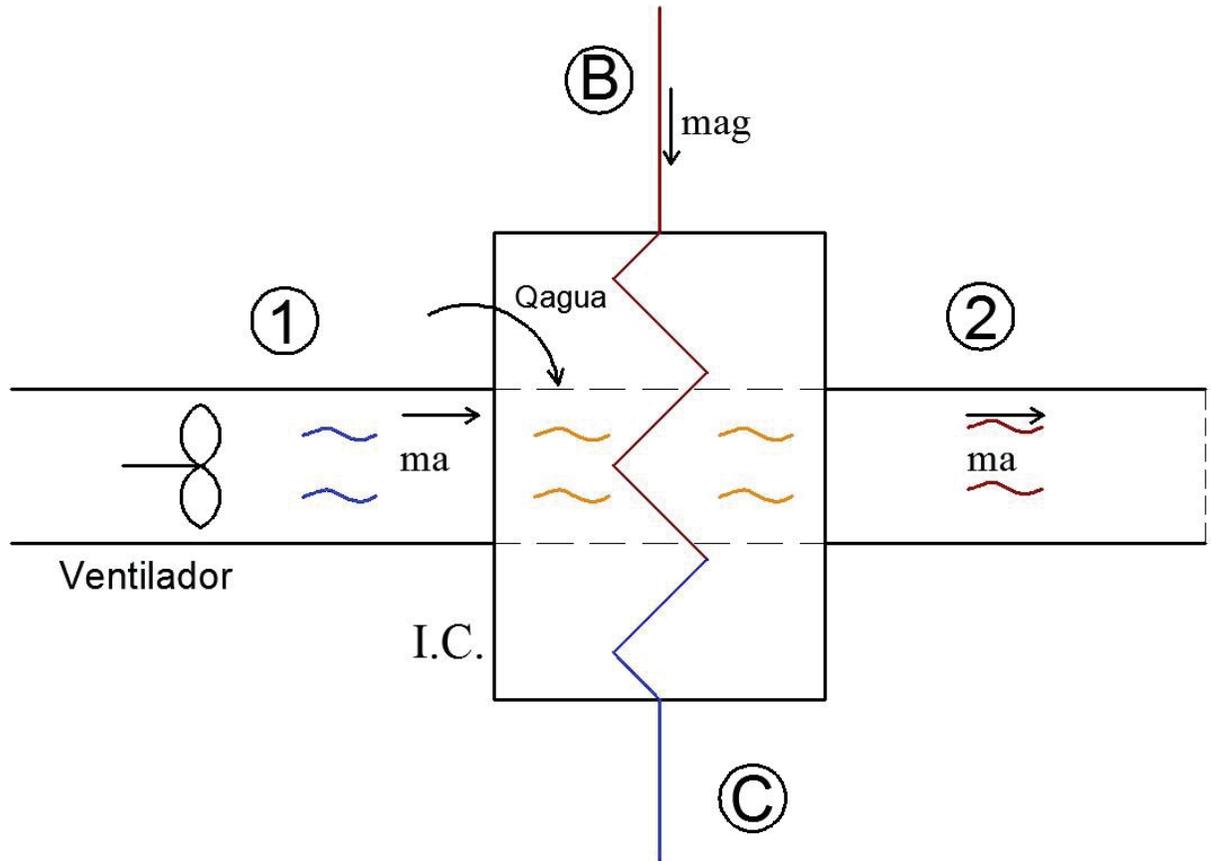


Figura 5.3: Esquema I.C.

Para la potencia calorífica del aire se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{aire} = m_a \cdot c_{pai} \cdot (T_2 - T_1)$$

Donde:

$Q_{aire}$  = Potencia calorífica del aire: [kW]

$m_a$  = flujo de aire: 0,082 [kg/s]

$c_{pai}$  = poder calorífico del aire: 1 [kJ/kg°C]

$T_2$  = temperatura en el punto 2: 60°C

$T_1$  = temperatura en el punto 1: 18°C

Al reemplazar los valores nos da una potencia calorífica del aire de:

$$Q_{aire} = 3,32 [kW]$$

Esta potencia calorífica tiene que ser la misma que tiene que tener el agua al pasar por el I.C., pero tenemos que aplicar el rendimiento del I.C. ya que no todo el calor que trae el agua es traspasado al aire.

$$Q_{aire} = Q_{agua} \cdot \eta_{IC}$$

Donde:

$Q_{aire}$  = poder calorífico del aire: 3,32 [kW]

$Q_{agua}$  = poder calorífico del agua: [kW]

$\eta_{IC}$  = rendimiento del IC: 0,6

Por lo tanto el poder calorífico del agua es de:

$$Q_{agua} = 5,53 [kW]$$

**5.4.6. Temperatura de entrada de agua al IC:** Para determinar la temperatura de entrada de agua al I.C. ( $T_B$ ) se puede considerar que es similar a la temperatura de salida del aire, por lo tanto la temperatura de entrada del agua al I.C. será de 70°C, ya que el I.C. tiene un rendimiento el cual no toda la energía que trae el agua es traspasada al aire y se necesita más temperatura con la que sale el aire.

$$T_B = 70^{\circ}C$$

**5.4.7. Temperatura de salida de agua del IC:** Para determinar la temperatura de salida de agua no debe ser tan diferente a la de entrada, ya que los intercambiadores de calor agua-aire no son para grandes variaciones de temperatura y no son muy eficientes (60% promedio). Por lo tanto la temperatura de salida de agua del IC será de 60°C.

$$T_C = 60^{\circ}C$$

**5.4.8. Flujo de agua:** Para calcular el flujo de agua se realiza con la misma ecuación que para calcular el flujo de aire:

$$Q_{agua} = m_{agIC} \cdot c_{pag} \cdot (T_B - T_C)$$

Donde:

$m_{agIC}$  = agua que circula por el IC: [kg/s]

$c_{pag}$  = poder calorífico del agua: 4,18 [kJ/kg°C]

$T_c$  = temperatura en el punto C: 60°C

$T_b$  = Temperatura en el punto B: 70°C

$Q_{agua}$  = potencia calorífica del agua: 5,53 [kW]

$$m_{agIC} = 0,13 \left[ \frac{kg}{s} \right]$$

**5.4.9. Potencia calorífica necesaria en los colectores solares:** Con la siguiente ecuación se calcula el calor necesario para calentar el agua en los colectores:

$$Q_c = m_{agIC} \cdot c_{pag} \cdot (T_B - T_A)$$

Donde:

$Q_c$  = potencia calorífica en los colectores solares: [kW]

$m_{agIC}$  = agua que circula por los colectores solares: 0,13 [kg/s]

$c_{pag}$  = poder calorífico del agua: 4,18 [kJ/kg°C]

$T_B$  = temperatura en el punto A: 70°C

$T_A$  = temperatura en el punto A: 18°C al empezar el circuito, luego como del IC cae agua a 60°C al entrar de nuevo por los colectores entrara aproximadamente a una temperatura de 40°C, por lo que ésta será la temperatura del punto A

$$Q_c = 16,3 [kW]$$

**5.5 Tabla resumen de parámetros calculados:**

Punto	Tipo de flujo	Temperatura °C	Flujo kg/s	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Humedad relativa %
1	Aire	18,0	0,083	1,086	85
2	Aire	60,0	0,083	0,949	10
3	Aire	29,7	0,083	1,044	93
A	Agua	18,0 (40,0)	0,13	1000	-
B	Agua	70,0	0,13	1000	-
C	Agua	60,0	0,13	1000	-

Q<sub>aire</sub> = 3,32 kW    Q<sub>agua</sub> = 5,53 kW    Q<sub>c</sub> = 16,3 kW

Tabla 5.3: Resumen de parámetros calculados.

5.6. Esquema de la planta con parámetros calculados:

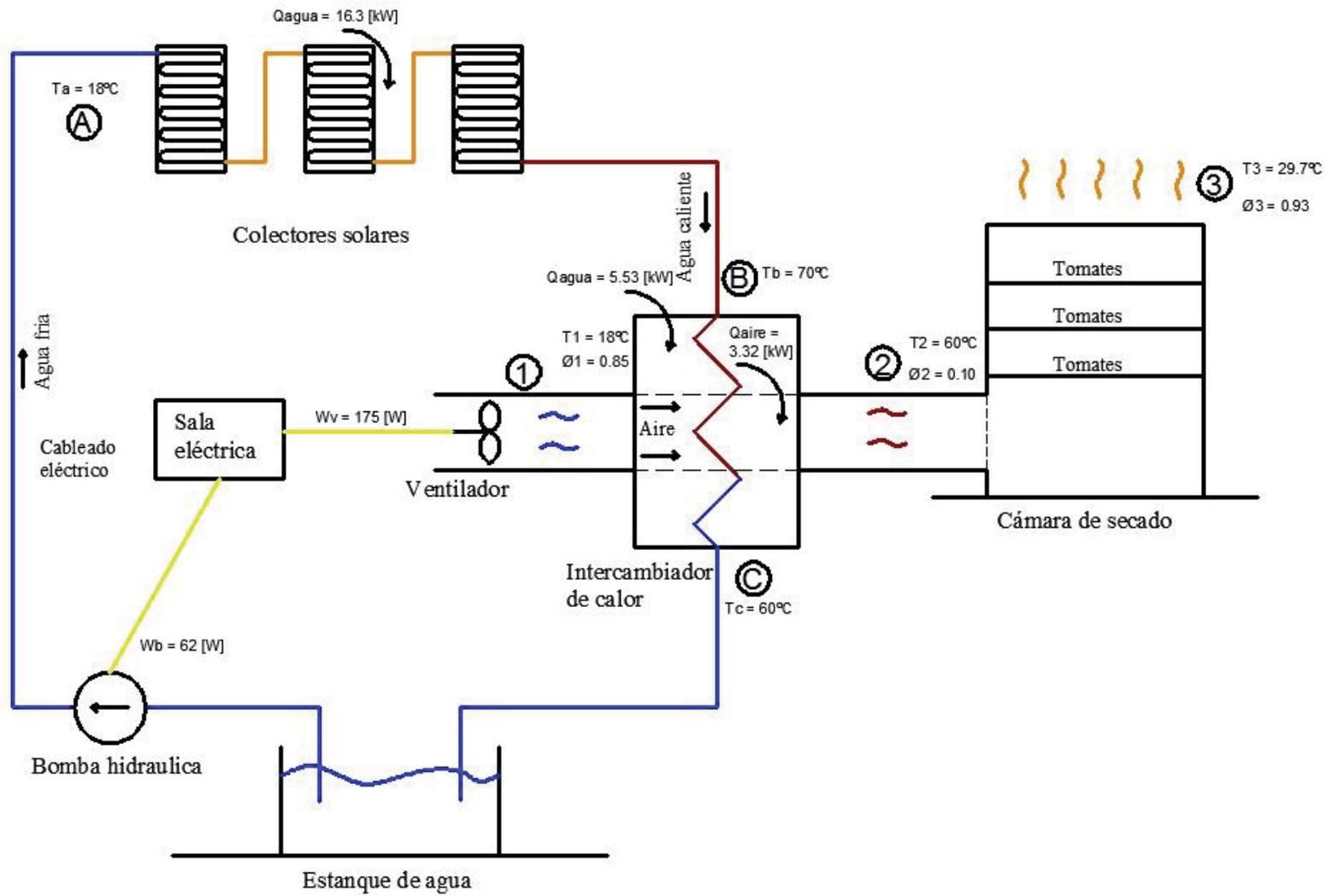


Figura 5.4: Esquema de la planta con parámetros calculados

## Capítulo 6: Descripción y selección de equipos

**6.1. Introducción:** En este capítulo se seleccionarán los distintos equipos empleados en la planta para su buena operación y su enlace entre sí. Además se describirán un poco cada equipo, su clasificación y funcionamiento para su conocimiento general de estos.

Los equipos de selección primaria son: ventilador, bombas, celda fotovoltaica y los colectores solares, y los equipos de selección secundaria serían el motor acoplado al ventilador, las baterías y equipo de funcionamiento de la celda fotovoltaica, etc. También se calcularán los parámetros necesarios para su adecuada selección de los catálogos de fabricante.

### **6.2. Ventilador:**

**6.2.1. Descripción y funcionamiento:** El ventilador es una máquina concebida para producir una corriente de aire mediante un rodete con aspas que giran produciendo una diferencia de presiones. Entre sus aplicaciones, destacan las de hacer circular y renovar el aire en un lugar cerrado para proporcionar oxígeno suficiente a los ocupantes y eliminar olores, principalmente en lugares cerrados; así como la de disminuir la resistencia de transmisión de calor por convección

Se utiliza para desplazar aire o gas de un lugar a otro, dentro de o entre espacios, para motivos industriales o uso residencial, para ventilación o para aumentar la circulación de aire en un espacio habitado, básicamente para refrescar.

**6.2.2 Pérdida de presión (carga):** Debido al rozamiento del aire con las paredes del conducto, a los cambios de dirección, torbellinos, contracciones de la vena fluida u otros accidentes u obstáculos en las canalizaciones la presión o carga va decayendo. Por ende debemos calcular la pérdida de carga que el ventilador debe vencer para su adecuada selección.

**6.2.2.1 Pérdida en conductos:** La empresa SODECO (empresa dedicada exclusivamente a la importación y distribución de sistemas de cielos y pisos modulares accesibles) nos ofrece el gráfico 6.1 el cual entrando con caudal (170 lt/s) y velocidad del fluido (5 m/s) determinamos las pérdidas por longitud y el diámetro del ventilador.

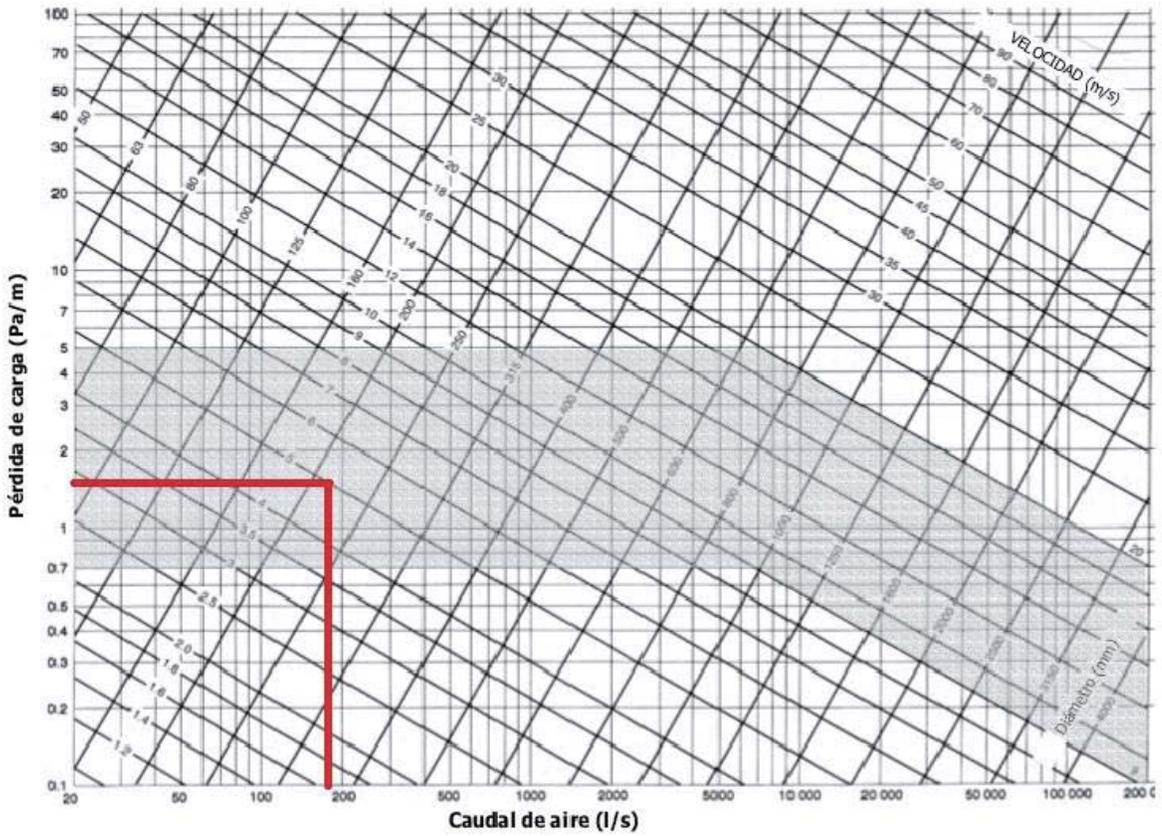


Gráfico 6.1: Pérdidas de carga

$$P = 1,6 \text{ [Pa/m]}$$

$$D = 220 \text{ [mm]}$$

El largo de la tubería donde se impulsará el aire el aproximadamente de tres metros ( $L = 3$  [m]). Por lo tanto la pérdida por conductos es de:

$$P_1 = P \cdot L = 4,8 \text{ [Pa]}$$

**6.2.2.2 Pérdida por cambio de velocidad:** La misma empresa SODECO nos ofrece la tabla 6.1 donde indica las pérdidas de carga a distintas velocidades de salida.

Velocidad [m/s]	Presión [mm.c.a.]	Presión [Pa]
2,0	0,25	2,45
2,5	0,39	3,82
3,0	0,56	5,49
3,5	0,77	7,55
4,0	1,00	9,80
4,5	1,27	12,45
<b>5,0</b>	<b>1,56</b>	<b>15,29</b>
5,5	1,89	18,52
6,0	2,25	22,05
6,5	2,65	25,97
7,0	3,06	29,99
7,5	3,52	34,50
8,0	4,00	39,20
8,5	4,52	44,30
9,0	5,06	49,59
9,5	5,64	55,27
10,0	6,25	61,25

Tabla 6.1: Pérdida de carga a distintas velocidades

Por lo tanto las pérdida por cambio de velocidad son de:

$$P_2 = 15.29 [Pa]$$

**6.2.2.3 Pérdida en el IC:** El aire al chocar con los tubos del intercambiador de calor decae su presión, dependiendo de la cantidad de tubos y cuan cerca estén estos es la cantidad de presión que decaerá. Generalmente para la mayoría de los IC la pérdida de presión es de: 100 [Pa].

$$P_3 = 100 [Pa]$$

**6.2.2.4 Pérdida totales:** La suma de las pérdidas por conducto y las pérdidas por cambio de velocidad nos da las pérdidas totales del ventilador:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 120.08 [Pa]$$

Para ser más conservador y poder acceder bien a los gráficos de caudal vs presión se aproximará las pérdidas a 125 [Pa] (12.75 [mm.c.a.]).

$$P = 125 [Pa]$$

**6.2.3. Selección del ventilador:** Al buscar en el mercado los distintos ventiladores la empresa Soler&Palau (S&P) nos ofrece varios modelos que se adecuan a los parámetros que necesitamos (catálogo en el anexo 1).

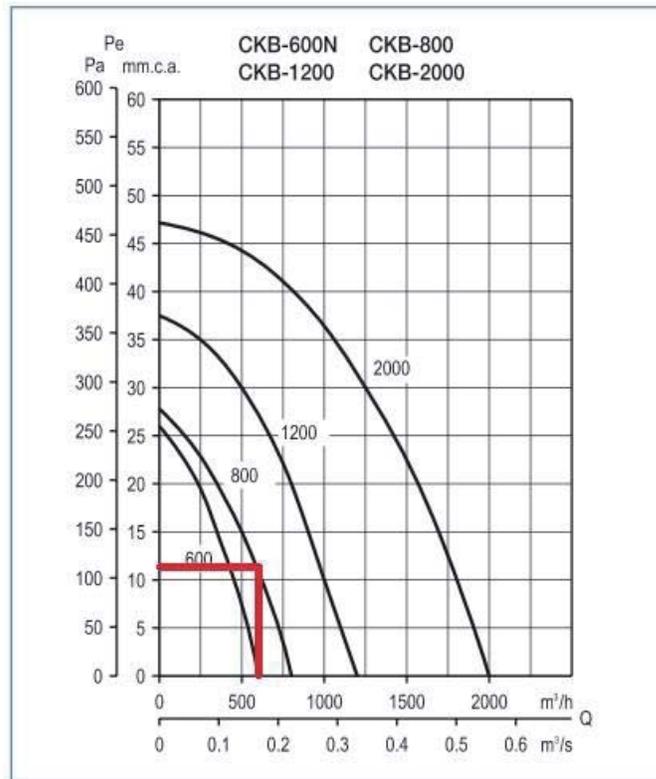


Gráfico 6.2: Curva característica del ventilador

Así al entrar con las pérdidas de carga de 12 mm.c.a e interceptar con la curva de velocidad de modelo del ventilador (CKB-800) nos da que el caudal es de 612 m<sup>3</sup>/h o 0,17 m<sup>3</sup>/s aproximadamente, lo cual es muy semejante al caudal necesitado.

**6.2.4. Características del ventilador:** La tabla 6.2 muestras los distintos parámetros de funcionamiento del ventilador seleccionado, ya que necesitamos esta información en detalle para la selección de la celda fotovoltaica.

Modelo	Velocidad rpm	Potencia max. W	Intensidad max. A	Caudal max. m <sup>3</sup> /h	Peso kg
CKB-600N	1300	140	0,66	600	7,5
<b>CKB-800</b>	<b>1300</b>	<b>175</b>	<b>0,92</b>	<b>800</b>	<b>8</b>
CKB-1200	1300	300	1,44	1200	12
CKB-2000	1300	560	2,75	2000	16,5

Tabla 6.2: Características del ventilador S&P

Si bien el caudal que nos da el modelo CKB-800 es mayor al calculado (612 m<sup>3</sup>) se ha seleccionado uno mayor para cubrir cualquier sobrecarga al que el ventilador este solicitado. Por lo tanto la potencia máxima del ventilador para el cálculo de las celdas fotovoltaicas es de:

$$W_V = 175 [W]$$

### 6.3. Bomba:

**6.3.1. Descripción y funcionamiento:** Una bomba hidráulica es un dispositivo tal que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión. Las bombas hidráulicas son los elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica. El propósito de una bomba hidráulica es suministrar un flujo de líquido a un sistema hidráulico. La bomba no crea la presión de sistema, puesto que la presión se puede crear solamente por una resistencia al flujo. Mientras que la bomba proporciona flujo, transmite una fuerza al líquido. Dado que el flujo de líquido encuentra resistencia, esta fuerza se vuelve una presión. La resistencia al flujo es el resultado de una restricción o de una obstrucción en la trayectoria del mismo. Esta restricción es normalmente el trabajo logrado por el sistema hidráulico, pero puede ser también debido a restricciones de líneas, de guarniciones, y de válvulas dentro del sistema.

**6.3.2 Pérdida de presión (carga):** Para seleccionar la bomba que requiere nuestra planta, hay que determinar distintos parámetros tanto en la descarga como en la aspiración de la bomba.

Uno de estos parámetros son las pérdidas por caudal y velocidad de fluido la cual se define dependiendo del número de Reynolds:

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

$Re$  = Numero de Reynolds

$v$  = Velocidad del fluido: 1,15 [m/s]

$d$  = Diámetro de cañería: 0,012 [m]

$\rho$  = Densidad del agua: 1000 [kg/m<sup>3</sup>]

$\mu$  = Viscosidad dinámica @20°C: 0.001003 [kg/m s]

Reemplazando los valores nos da un numero de Reynolds de :

$$Re = 13.758$$

La cual indica que es un flujo turbulento.

Sabiendo que es un flujo turbulento se calculan las pérdidas con la siguiente ecuación para las distintas condiciones del sistema.

$$h_c = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot D \cdot g}$$

Donde:

$\gamma$  = Peso específico del agua: 9800 [kg/m<sup>2</sup> s<sup>2</sup>]

L = Largo de cañería: [m]

$f = \frac{0,316}{Re^{1/4}}$  para tuberías lisas y flujo turbulento.

**6.3.2.1. Aspiración:** Para que la bomba pueda aspirar se calcula la NPSH<sub>D</sub>, la cual indica la presión a la que la bomba succiona en el sistema de la planta y se comparará con la NPSH<sub>R</sub>, la cual indica la presión a la que la bomba empieza a cavitarse según datos del fabricante.

La figura 6.3 es un esquema de la disposición y ubicación de la bomba en la planta.

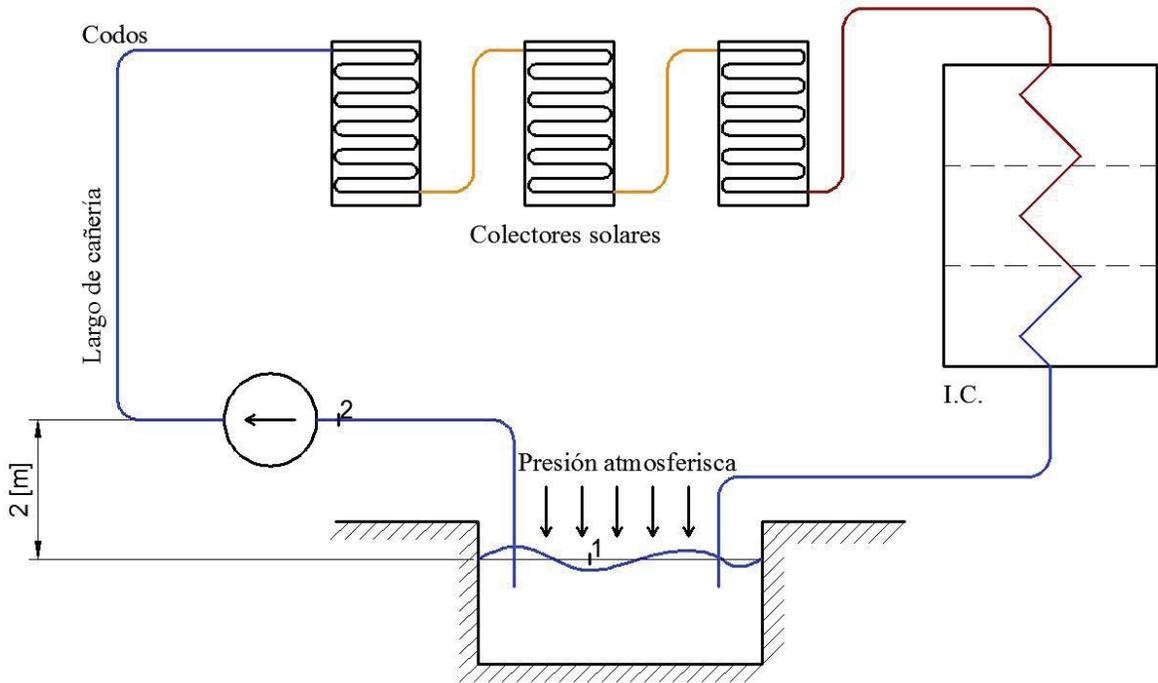


Figura 6.1: Aspiración y descarga de la bomba

Para calcular la  $NPSH_D$  se aplica la siguiente ecuación:

$$NPSH_D = P_{atm} - \left( P_{v@T1} + \frac{V^2}{2} \cdot \rho + g \cdot \rho \cdot h_1 + g \cdot \rho \cdot h_{perd\ 1-2} \right)$$

Donde:

$NPSH_D$  = Columna neta de succión positiva disponible: [Pa]

$P_{atm}$  = Presión atmosférica: 88.500 [Pa]

$T1$  = Temperatura en el punto 1: 25°C

$P_{v@T1}$  = Presión de vapor a temperatura 1: 3.169 [Pa]

$V_2$  = Velocidad en el punto 2: 1,15 [m/s]

$g$  = Aceleración de gravedad: 9,81 [m/s<sup>2</sup>]

$h_1$  = Distancia desde el nivel del líquido hasta la ubicación de la bomba: 2 [m]

$h_{perd\ 1-2}$  = 0,009 [m]

$\rho$  = Densidad del agua: 1000 [kg/m<sup>3</sup>]

Reemplazando los valores nos da una columna neta de:

$$NPSH_D = 65.642 [Pa] = 6,6 [m.c.d.a.]$$

**6.3.2.2. Descarga:** Los parámetros que hay que calcular en la descarga son:

**6.3.2.2.1. Columna estática:** Es la distancia en altura desde la aspiración y descarga de la bomba. En el caso de nuestra planta la columna estática es cero (C.E. = 0), ya que la aspiración y descarga es en el mismo estanque.

**6.3.2.2.2. Columna dinámica:** Son las pérdidas producidas por fricción en cañerías o cambios de sección. Se separarán estas pérdidas por largo de cañería ( $h_{c1}$ ) y por obstrucción o cambio de dirección del fluido ( $h_{c2}$ ). Las pérdidas se calculan con la ecuación de pérdida anteriormente mencionada, ya que se determinó que es un flujo laminar.

$$h_{c1} = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{2 \cdot D \cdot g}$$

Tomando un largo de 41 metros, las pérdidas son:

$$h_{c1} = 6,74 [m.c.d.a.] = 66.096 [Pa]$$

Para calcular las pérdidas por obstrucción y cambio de flujo hay que sumar la de los codos y la que hace la válvula a la salida de la bomba.

$$h_{c2} = K_{válvula} \cdot \left( \frac{v^2}{2 \cdot g} \right) + N \cdot K_{codos} \cdot \left( \frac{v^2}{2 \cdot g} \right)$$

Donde:

$$h_{c2} = [\text{m}]$$

$$K_{válvula} = (L_e/D) \cdot f_t$$

$$K_{codos} = (L_e/D) \cdot f_t$$

$(L_e/D)$  = Tabla de coeficiente de resistencia para válvulas y codos: 64

$$f = \frac{0,316}{Re^{1/4}} \text{ para tuberías lisas}$$

N = Numero de codos:52

v = Velocidad del fluido: 1,15 [m/s]

g = Aceleración de gravedad: 9,81 [m/s<sup>2</sup>]

Reemplazando los datos en la ecuación de perdidas da un valor de:

$$h_{c2} = 6,42 \text{ [m. c. d. a.]} = 62.958 \text{ [Pa]}$$

**6.3.2.3. Pérdida de carga por equipos:** El agua al pasar por los colectores solares ( $h_{c3}$ ) y por el intercambiador de calor ( $h_{c4}$ ) sufre pérdida de carga tanto por velocidad y por cambio de secciones. Estas pérdidas vienen dadas por los fabricantes de cada equipo:

$$h_{c3} = 13.500 [Pa] \cdot N^{\circ} \text{ de colectores (15)} = 202.500 [Pa] = 20,65 [m. c. d. a.]$$

$$h_{c4} = 10.000 [Pa] = 1,01 [m. c. d. a.]$$

**6.3.2.4. Pérdidas totales:** Las pérdidas totales son la suma de la columna estática, columna dinámica, pérdidas por largo de cañería, pérdidas por obstrucción y cambio de sección y por los equipos.

$$H = h_{c1} + h_{c2} + h_{c3} + h_{c4}$$

Reemplazando los datos las pérdidas totales son de:

$$H = 34,4 [m. c. d. a.] = 337.348 [Pa]$$

**6.3.3. Selección de la bomba:** Se buscó en el mercado una bomba adecuada para nuestra aplicación (Anexo 2) y se encontró una bomba de diafragma marca ARO, modelo expert series de 3/8" cuya curva características se muestra en el grafico 6.3.

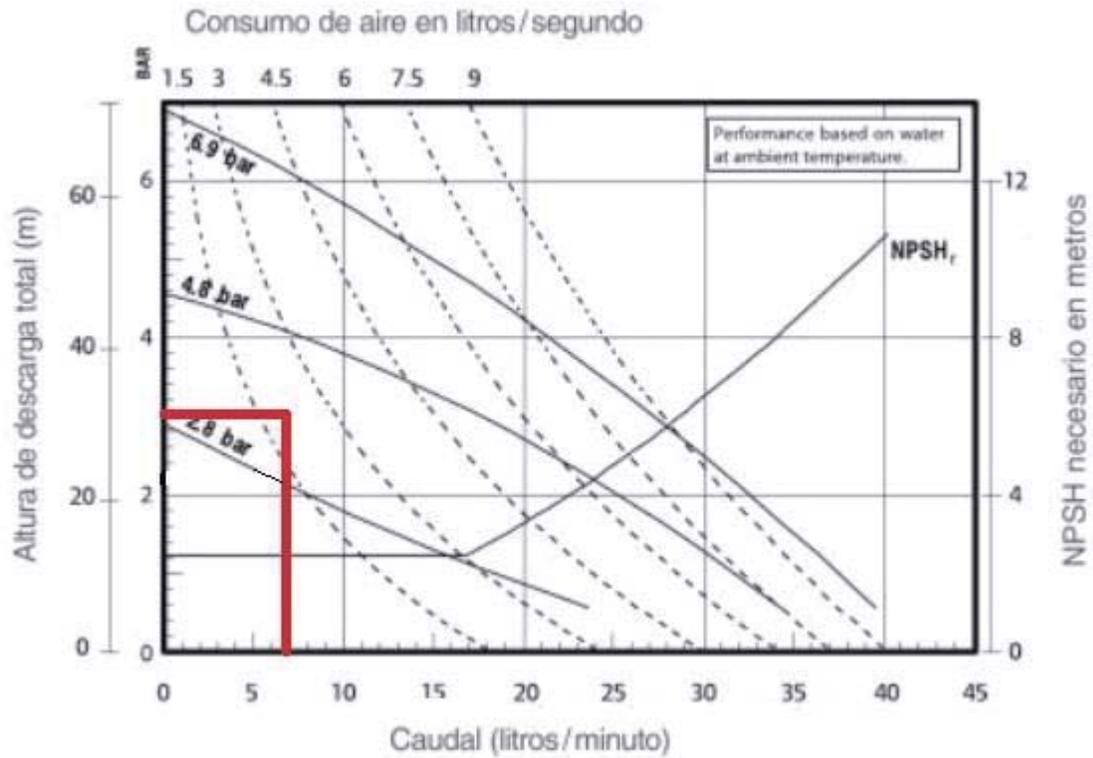


Grafico 6.3: Curva característica de la bomba.

Del grafico 6.3 se obtienen los siguientes datos:

Q = Caudal: 7,8 [lt/min]

H = Altura: 34,4 [m]

NPSHR = 4,5 [m]

En la aspiración se calculó la NPSHD la cual tiene que ser mayor que la NPSHR para que la bomba no cavite.

$$NPSHD > NPSHR$$

$$6,6 > 6,1$$

**6.3.3.1. Potencia:** Para calcular la potencia se aplica la siguiente fórmula:

$$W_B = Q \cdot H \cdot \gamma$$

Donde:

$W_B$  = Potencia de la bomba: [W]

$Q$  = Caudal que circula por la bomba: 0,00013 [m<sup>3</sup>/s]

$H$  = Altura o presión de descarga: 34,4 [m]

$\gamma$  = Peso específico del agua: 9800 [kg/m<sup>2</sup> s<sup>2</sup>]

$$W_B = 44 [W]$$

Como esta potencia es la ideal para el fluido se le colocará un factor de seguridad de  $n = 1,5$  para suplir todos los rendimientos mecánicos, hidráulicos y eléctricos. Por lo tanto la potencia eléctrica que consumirá la bomba es de:

$$W_B = 62 [W]$$

**6.4. Celda fotovoltaica:** Los paneles o módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (energía solar fotovoltaica). El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: radiación de 1000 W/m<sup>2</sup> y temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente).

**6.4.1 Funcionamiento:** Las celdas fotovoltaicas están formadas por numerosas celdas solares. Las celdas solares son pequeñas células hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio, es decir, las celdas son cristales de silicio o cristales de arseniuro de galio que son materiales semiconductores (es decir, materiales que pueden comportarse como conductores de electricidad o como aislantes, depende del estado en que se encuentren). Estos materiales se mezclan con otros como por ejemplo el fósforo o el boro para darles al silicio o al arseniuro de galio una carga positiva o negativa. Solamente si estas celdas tienen carga positiva y negativa pueden generar electricidad, de lo contrario no generarían electricidad.

Una parte de la celda solar se construye con un material semiconductor al que le sobran electrones (carga negativa, semiconductor del tipo P) y otra parte se hace con un material semiconductor que le faltan electrones (con carga positiva, semiconductor tipo N).

Cuando esas celdas cristalinas cargadas positiva y negativamente se exponen a la luz del Sol directamente producen corriente. La energía del sol mueve los electrones de la parte de la celda que le sobran hacia la parte de la celda que le faltan (donde hay huecos). Este movimiento de electrones es la corriente eléctrica, por lo tanto ya hemos conseguido generar corriente eléctrica de un punto a otro.

**6.4.2. Selección y cantidad paneles fotovoltaicos:** El mercado de las celdas fotovoltaicas es muy variado y amplio, por lo que la empresa TRITEC nos ofrece uno con las características solicitadas (Anexo 3).

Panel Solar art. N° 0101527	
Modelo	Hareon HR-270W Mono
Potencia nominal	270 W , +5 W , - 0 W
Área	1,625 m <sup>2</sup>
Tensión max. del sistema	1000 V
Tensión de servicio	30,79 V
Corriente de servicio	8,77 A
Tensión en circuito abierto	38,09 V
Corriente de cortocircuito	9,39 A
Carga max. De corriente inversa	15 A
Dimensiones de la célula	156 mm / 156mm
Tecnología de la célula	Silicio monocristalino
Dimensiones	1636 / 992 / 40 mm
Peso	19,3 kg
N° por contenedor	700 uds
Carga max.	5400 N/m <sup>2</sup>
Garantía de rendimiento	25 años
Garantía de producto	10 años
Normas	ISO 9001, ISO 14001

Tabla 6.3:Características del panel solar

La tabla 6.4 muestra todas las características de la celda fotovoltaica, desde las potencias, corriente y voltaje hasta las garantías y normas a las que fue ensayada.

**6.4.2.1 Rendimiento:** Para determinar la cantidad de celdas fotovoltaicas necesitamos calcular una serie de parámetros, uno de estos es el rendimiento que tiene la celda la cual se calcula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Potencia nominal}}{\text{Radiación en la zona} \cdot \text{área del panel}}$$

Donde:

Potencia nominal: 270 [W]

Radiación en la zona: 700 [W/m<sup>2</sup>]

Área del panel: 1.635 [m<sup>2</sup>]

Reemplazando los valores nos da un rendimiento de 23% por lo que de 700 Wh/m<sup>2</sup> solo nos da 161 Wh/m<sup>2</sup>.

**6.4.2.2. Consumo:** Para el consumo diario multiplicamos la potencia que consumen los equipos por la cantidad de horas que trabajará en el día:

$$\text{Consumo} = \text{potencia} \cdot \text{horas de trabajo}$$

Donde:

Potencia:  $W_B + W_V = 62 + 134 = 196$  [W]

Horas de trabajo: 8 [h]

Así el consumo nos da de 1.568 Wh/día.

**6.4.2.3. Superficie necesaria (S<sub>1</sub>):** Para determinar la superficie dividimos el consumo con la radiación en la zona, y le aplicamos el rendimiento de la celda.

$$S_1 = \frac{\text{Consumo}}{\text{Radiación} \cdot \text{Rendimiento}}$$

Donde:

Consumo: 1.568 [Wh/día]

Radiación: 4900 [Wh/día]

Rendimiento: 0.23 (23%)

Al ingresar los valores nos da un área de:

$$S_1 = 1,39 \text{ m}^2$$

**6.4.2.4. Cantidad de paneles:** Para determinar la cantidad de paneles necesarios dividimos la superficie necesaria con la superficie del panel:

$$N^{\circ}Panel = \frac{\text{Área necesaria}}{\text{Área del panel}}$$

Donde:

Área necesaria: 1,39 [m<sup>2</sup>]

Área del panel: 1,635 [m<sup>2</sup>]

Al reemplazar las áreas en la fórmula nos da un n° de panel de 0,85 por lo que aproximamos a dos paneles (2 paneles solares).

Se sobredimensiono la cantidad de paneles para suplir los días con menor radiación o cuando se necesite más potencia en el ventilador y la bomba.

## 6.5. Colector Solar:

**6.5.1. Descripción y funcionamiento:** El principio de funcionamiento se basa en el aprovechamiento de la energía calórica que emiten los rayos solares. Durante un día despejado, es decir, sin nubosidad, los rayos solares penetran la atmósfera casi sin dificultad. El colector posee en su interior una cubierta de color negro, con el fin de absorber la mayor cantidad de la energía emitida por el sol. Un ejemplo de esto es el hecho de que en verano utilizemos colores claros en nuestra vestimenta y en invierno los colores oscuros, ya que los colores oscuros retienen el calor. El cuerpo negro (en nuestro caso el PVC negro) se calienta y cede el calor al agua y además debido al policarbonato las radiaciones quedan atrapadas dentro del colector produciendo un calentamiento por efecto invernadero. Durante el día el agua alcanza una temperatura de unos 45 grados.

**6.5.2. Selección y cantidad de colectores:** Al igual que las celdas fotovoltaicas el mercado de colectores solares es amplio y variado, por lo que se selecciona uno de la empresa SCHUCO y determinaremos cuantos colectores se necesitan para abastecer las necesidades de la planta (Anexo 4).

**6.5.2.1 Características del colector:** La tabla 6.5 muestra las características más importantes del colector solar, tomadas del catálogo del fabricante.

Colector Schuco CTE 520 CH	
Dimensiones	2152 x 1252 x 93 mm
Área	2,7 m <sup>2</sup>
Peso	55 kg
Diámetro de cañerías	12 mm
Flujo	2.5 lt/min
Caída de presión a 2.5 lt/min	135 mbar

Tabla 6.4: Características colector solar

**6.5.2.2 Cálculo de números de colectores:** Sabiendo la potencia calorífica necesaria para calentar el agua calculado en el capítulo 5 ( $q_c$ ) y seleccionado el colector solar, podemos determinar el número de colectores solares necesarios para dicha potencia.

$$N^{\circ}\text{Colectores} = \frac{\text{Potencia calorífica necesaria } (q_c)}{\text{Área} \cdot \text{Radiación} \cdot \text{Rendimiento}}$$

Donde:

Potencia calorífica: 16.3 [kW]

Área: 2.7 [m<sup>2</sup>]

Radiación: 0.700 [kW/m<sup>2</sup>]

Rendimiento: 0.6 (60%)

Reemplazando los datos nos da que necesitamos 14.37 colectores solares para los requerimientos de la planta, pero aproximando y por las pérdidas de calor en todo el sistema se agregara uno más, teniendo un total de 15 colectores solares para la planta de deshidratado.

$$N^{\circ}\text{Colectores} = 15$$

## Capítulo 7: Diseño de la línea de producción

**7.1. Introducción:** En este capítulo se dimensiona la planta de deshidratado de tomate y la distribución de los equipos que la componen. Además se diseña la cámara de secado, el estanque de agua y la sala eléctrica/bodega.

**7.2. Cámara de secado:** En la figura 7.1 se muestra las dimensiones de la cámara de secado que consta de las nueve bandejas donde se dispersan los tomates frescos cortados a la mitad. Además con el orificio para la entrada de aire caliente y la salida por el techo de la cámara.

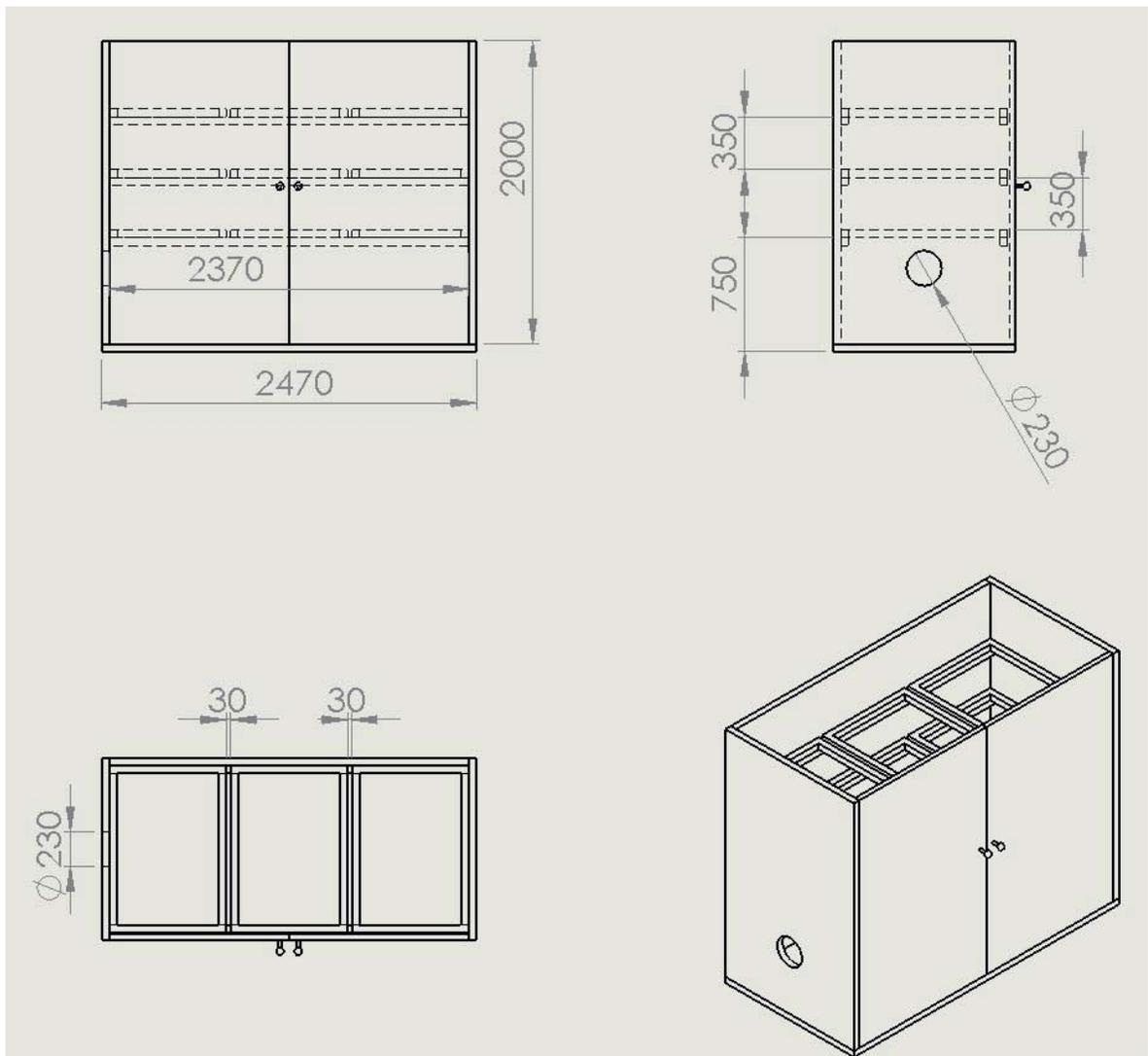


Figura 7.1: Cámara de secado

**7.2.1. Bandejas:** Mediante un secador artesanal se determinó el área que ocupa cierta cantidad de kilos de tomate, lo cual fue de  $8.33 \text{ kg/m}^2$ , por lo tanto para 50 kg se necesita un área de  $6 \text{ m}^2$ . En la figura 7.2 se muestran las dimensiones de la bandejas y para que el aire abarque completamente la cámara se decidió que la disposición de las bandejas fueran 3 de largo y 3 de alto como se ve en la figura 7.1.

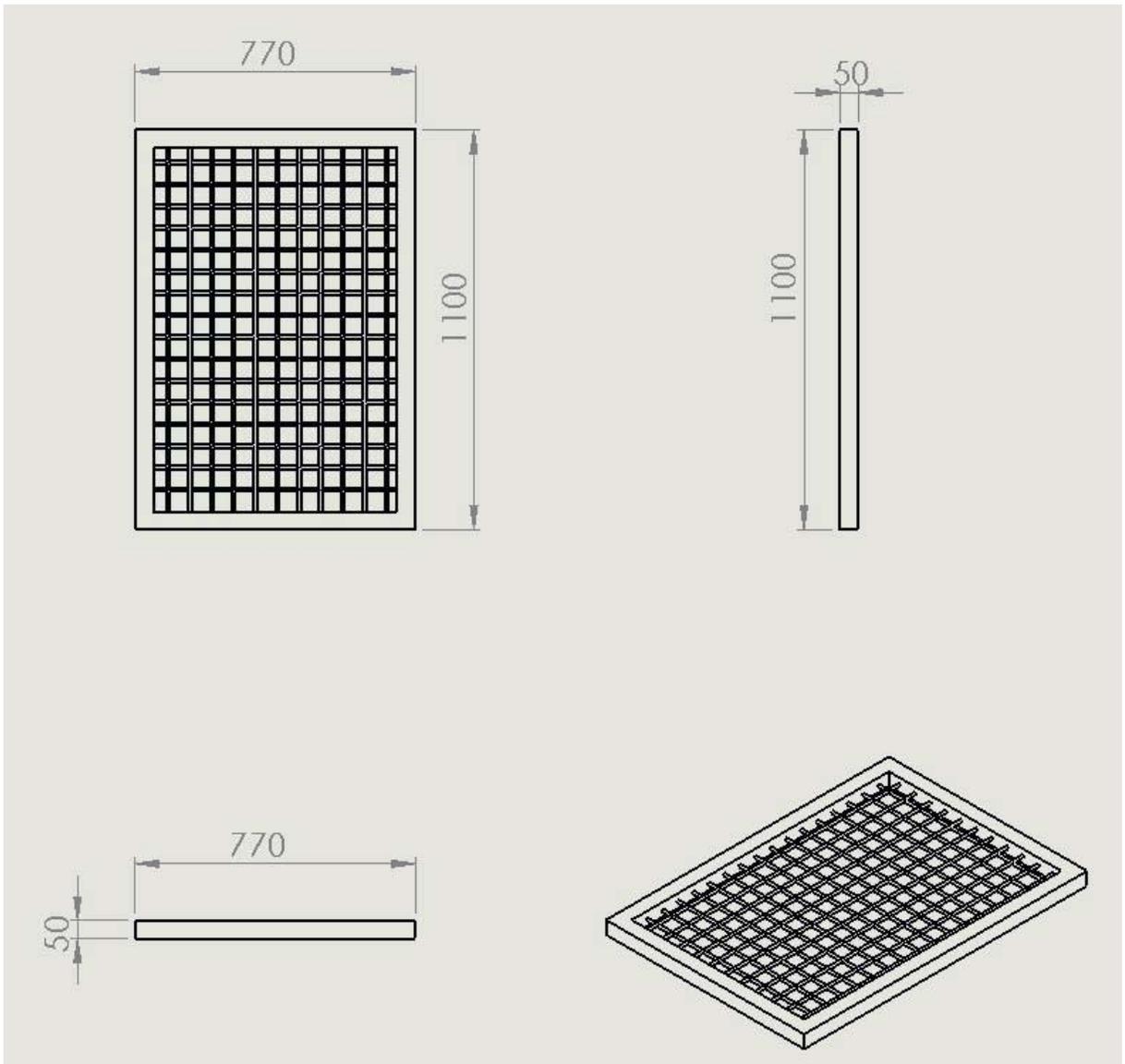


Figura 7.2: Bandeja

**7.3. Distribución de colectores:** En el capítulo 6 se determinó un total de 15 colectores solares, los cuales hay que ubicarlo en la planta con una inclinación de  $30^\circ$  para una mejor captación de radiación solar. En la figura 7.3 se muestra la distribución de los colectores ya que los colectores trabajan a 2,5 lt/min según el fabricante y nuestro caudal es de 7,8 lt/min, por lo que se separa en 3 el flujo para su buen funcionamiento.

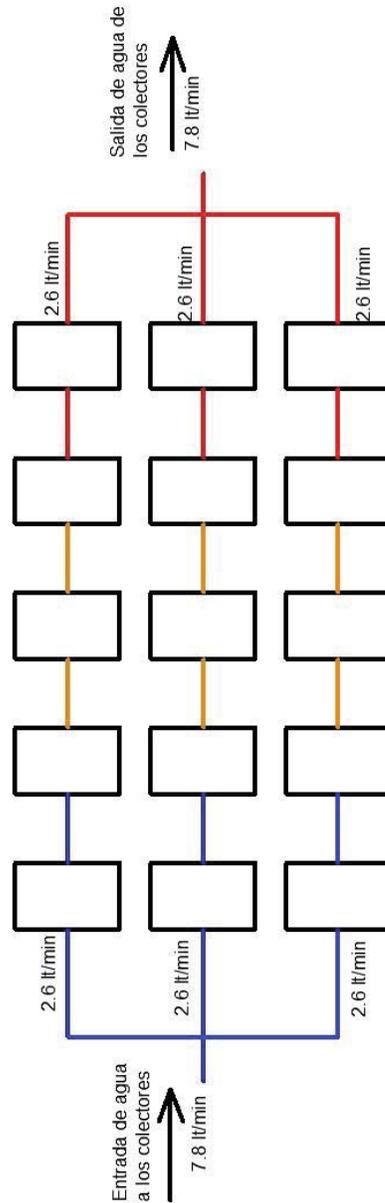


Figura 7.3: Distribución de colectores

**7.4. Estanque:** Ya que la planta funciona solo 8 horas al día y el agua que circula por la bomba, cañerías, colector y radiador necesita un estanque donde se almacene. En el capítulo 5 se calculó un flujo de agua de 7,8 lt/min los cuales tienen que estar 8 horas en funcionamiento, eso nos da un volumen de agua de 3.744 litros. En la figura 7.4 se muestra el estanque a adquirir, el cual se sobredimensiono a 4.000 litros por cualquier fuga de agua, para que cuando no esté en funcionamiento no esté totalmente lleno y para cuando esté en funcionamiento no esté totalmente vacío. Además la tabla 7.1 muestra las características del estanque.



Figura 7.4: Estanque

Estanque vertical	
Volumen total	4000 lts.
Altura	1560 mm. (con tapa)
Diámetro superior	1670 mm.
Diámetro inferior	1336 mm.
Material	Polietileno
Uso	Almacenamiento de agua potable y otros líquidos

Tabla 7.1: Características del estanque.

**7.5. Sala eléctrica-Bodega:** Las celdas fotovoltaicas transforman la energía solar en energía eléctrica, pero esta hay que almacenarla en baterías, conectar un regulador y convertidor para el funcionamiento de las maquinas. Para esto se necesita una sala donde almacenar los equipos eléctricos y aprovechando la construcción de una sala se usara como bodega para almacenar la materia prima y el producto terminado, como también algunas herramientas y instrumentos y equipos necesario para la planta de deshidratado. En la figura 7.5 se muestra las dimensiones de la sala eléctrica-bodega, la cual tiene un volumen de  $15 \text{ m}^3$ .

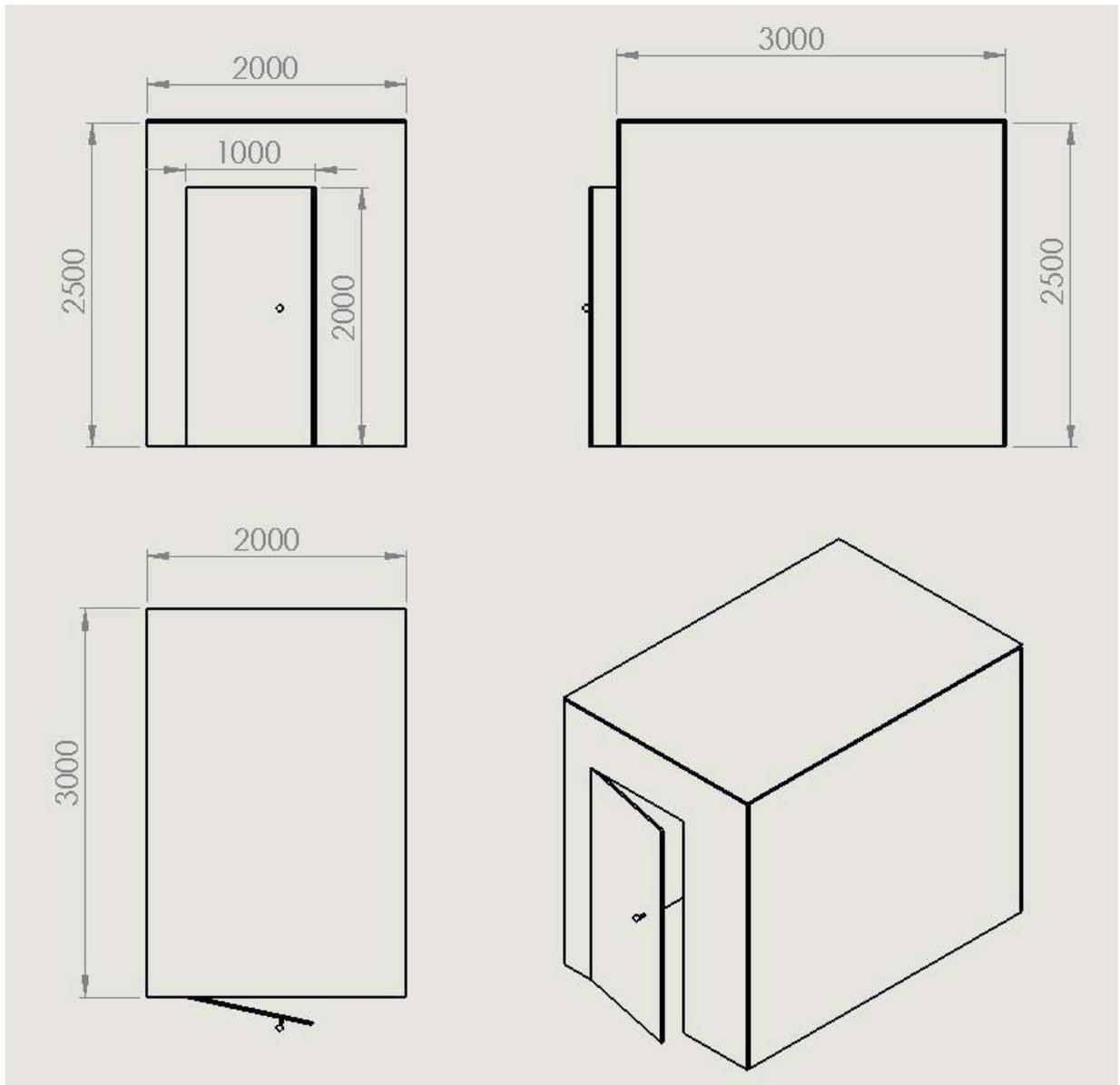


Figura 7.5: Sala eléctrica-Bodega

**7.6. Celdas fotovoltaicas:** Como se determinó en el capítulo 6 se necesitan 20 paneles solares para alimentar la bomba y el ventilador, estos están orientados igual que los colectores solares para una mejor recepción de la radiación solar. La figura 7.6 muestra la dimensiones de los paneles y la estructura que los soporta.

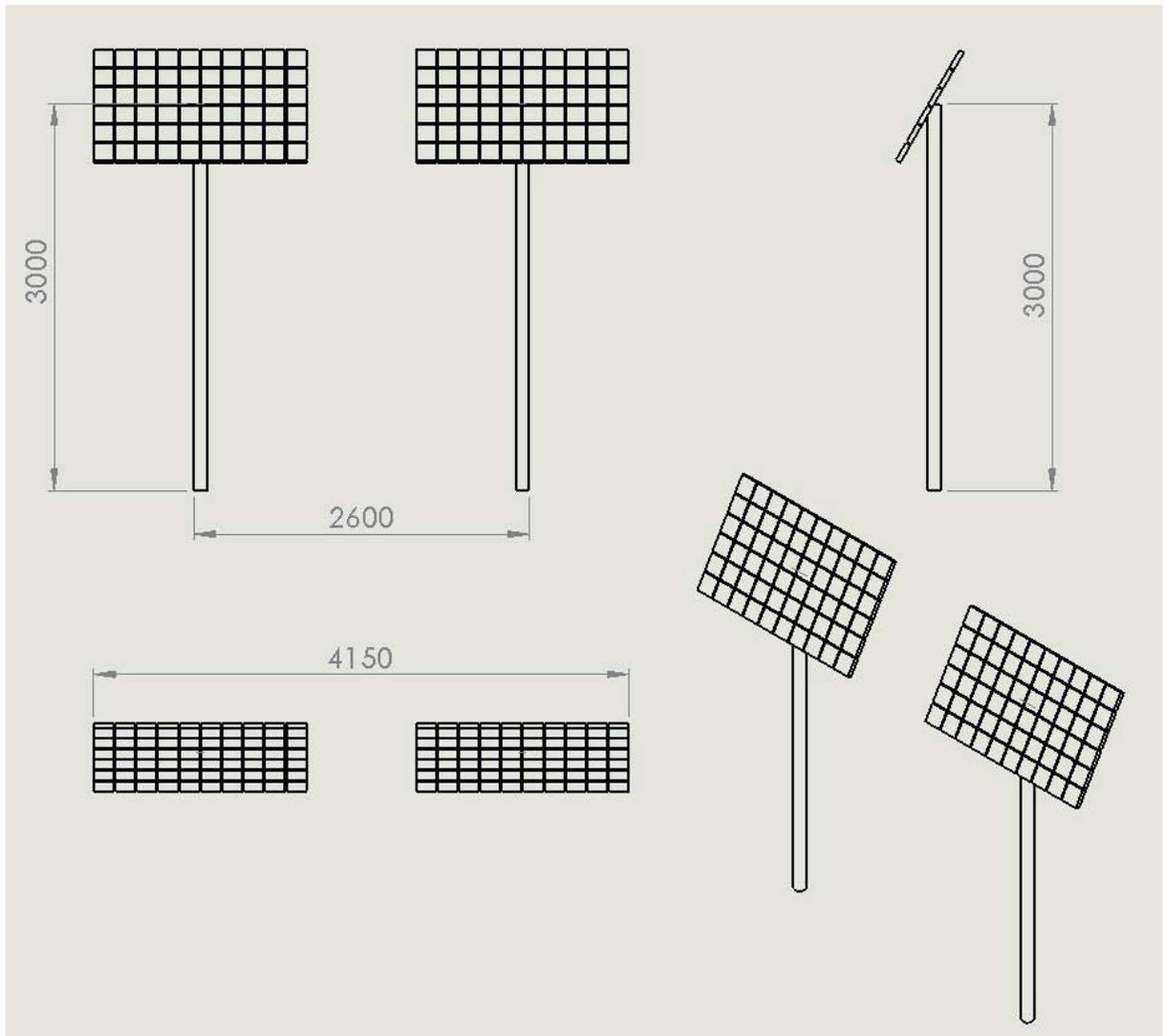


Figura 7.6: Celdas fotovoltaicas

## Capítulo 8: Costos

**8.1. Introducción:** En este capítulo se evaluarán los costos para implementar la planta de deshidratado. Se especificarán los costos de adquisición de equipos y componentes, como también el costo de la materia prima, mano de obra, gastos financieros, gastos de mantención y depreciación.

Además se realizará un flujo de caja para ver la rentabilidad del proyecto, calculando los indicadores de VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna de retorno).

### 8.2. Inversión:

**8.2.1 Costos de adquisición:** La tabla 8.1 muestra los costos de los distintos equipos y componentes a adquirir para el funcionamiento de la planta, con un total de \$12.905.806.

N°	Equipos	Cantidad [u o m]	Costo unitario [\$/u] o [\$m]	Costo total [\$]	Marca o Proveedor
1	Estanque 4000 lts.	1	320990	320990	Rotoplastic
2	Cañerías 1/2"	41	2138	87658	Madeco
3	Codos 1/2"	52	269	13988	NIBSA
4	Bomba de diafragma	1	500000	500000	ARO
5	Colector Solar	15	350000	5250000	Schüco
6	Intercambiador de calor	1	165700	165700	Olimpica
7	Sala eléctrica	1	1000000	1000000	-
8	Panel Solar	2	2000000	4000000	TRITEC
9	Ventilador	1	16500	16500	S&P
10	Tuberías	3	16990	50970	CINTAC
11	Cámara de secado	1	1500000	1500000	-
TOTAL				12905806	

Tabla 8.1: Costos de adquisición

**8.2.2 Costos para la implementación de la planta:** Aparte de los costos de adquisición de los equipos y componentes, hay que tener en cuenta los costos que se necesitan para llevar a cabo la implementación de la planta, por ejemplo el transporte de los mismo equipos, permisos municipales, contratación de personal para el montaje, etc. Estos costos se redondearan a un total de \$3.000.000.

**8.2.3. Préstamo:** La suma de los costos de adquisición y la implementación de la planta nos lleva a un total redondeado de \$16.000.000, por lo que este será el monto a financiar.

### 8.3. Costos Variables:

**8.3.1 Materia prima:** Como se determinó en capítulos anteriores se necesitan 50 kg de tomate frescos al día para la operación de la planta, esto quiere decir que se necesitan 17.500 kg al año, tomando 350 días al año, ya que habrá días en que la radiación no será la suficiente para alimentar al sistema y por los días de mantención de la planta.

Además tomando un precio de \$200 el kilo entre los meses de Agosto y Marzo (meses de mayor producción de tomate) y \$350 el kilo entre Abril y Julio, podemos determinar el costo de la materia prima, la cual lo muestra detalladamente la tabla 8.2, teniendo un costo total de materia prima de \$4.385.000.

Meses	Precio [\$/kg]	Cantidad [kg/día]	Días [días]	Total [\$]
Agosto - Marzo	200	50	232	2.320.000
Abril - Julio	350	50	118	2.065.000
Total				4.385.000

Tabla 8.2: Determinación del costo de la materia prima

### 8.4. Costos Fijos:

**8.4.1 Mano de obra:** Para la producción de tomate deshidratado se necesitó personal para lavar y cortar los tomates por la mitad y ponerlo en la cámara de secado, como así también retirarlo al terminar el proceso. Por lo tanto se necesita una persona que haga este trabajo con el sueldo mínimo, ya que no se necesita que las personas tengan algún título o estudios de gran

nivel para el desarrollo de este trabajo. Así los gastos por mano de obra son de \$210.000 mensuales o sea \$2.520.000 al año.

**8.4.2. Costo de mantención:** Para un buen proceso de la planta se necesita hacer mantención a los distintos equipos de la planta, pero no muy constante, ya que los equipos no están trabajando con sobrecarga, por lo tanto se considerara \$500.000 anuales para gastos de mantención, arreglo de bomba o ventilador, limpieza de cañerías y estanque, arreglo de la cámara de secado, etc.

**8.5. Costos financieros:** Para la implementación de la planta se necesita pedir un préstamo a un banco y pagarlo en forma anual. La tabla 8.3 muestra los gastos financieros y amortización para 10 años. El costo de adquisición de equipos es de \$12.905.806, sin embargo el préstamo será de \$16.000.000 por cualquier inconveniente o subida de precio de los equipo al momento de la compra. Además para la gestión de permisos municipales, transporte para estos trámites, instalación y montaje, etc.

Año	GF	Amortización
1	1600000	1003926
2	1489568	1104319
3	1368093	1214751
4	1234470	1336226
5	1087486	1469849
6	925802	1616833
7	747951	1778517
8	552314	1956368
9	337113	2152005
10	100393	2367206

Tabla 8.3 Costos financieros y amortización

Donde:

$$Prestamo = 16.000.000$$

$$Interes (i) = 10\%(0,1)$$

$$\text{Años } (n) = 10$$

$$CF = \text{Prestamo} \cdot \left[ \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

$$CF = \$2.441.180$$

$$GF = \text{Prestamo} \cdot \text{Interes}$$

$$GF_2 = (\text{Prestamo} - \text{Amortizacion}) \cdot \text{Interes}$$

$$\text{Amortizacion} = CF - (\text{Prestamo} \cdot \text{Interes})$$

$$\text{Amortizacion}_2 = CF - [(\text{Prestamo} - \text{Amortizacion}) \cdot \text{Interes}]$$

**8.6. Depreciación, valor residual y G/P de capital:** Si bien no hay equipos de gran valor monetario, pero aun así es conservativo tomar en cuenta la depreciación de los pocos equipos que hay en la planta de deshidratado. La tabla 8.4 muestra la vida útil de los equipos y la depreciación anual que se tomara para realizar el flujo de caja. Además muestra el valor libro y valor residual de cada equipo, suponiendo que se liquidara en un 40% de su precio de compra. Así haciendo la diferencia entre el valor libro y el valor residual se determina la ganancia o pérdida de capital.

Equipos	Vida útil [Años]	Costo [\$]	Depreciación [\$]	Valor residual [\$]	Valor libro [\$]	G/P capital [\$]
Bomba	6	500.000	83.333	200.000	8.979.992	-8.779.992
Ventilador	10	16.500	1.650	6.600	9.463.492	-9.456.892
Estanque	10	81.160	8.116	32.464	9.398.832	-9.366.368
Intercambiador de calor	10	1.657.000	165.700	662.800	7.822.992	-7.160.192
Sala eléctrica	10	1.000.000	100.000	400.000	8.479.992	-8.079.992
Colector solar	10	4.200.000	420.000	1.680.000	5.279.992	-3.599.992
Total		7.454.660	778.799	2.781.864		37.663.436

Tabla 8.4: Depreciación, valor residual y G/P de capital de equipos.

Donde:

$$\text{Depreciacion} = \frac{\text{Costos}}{\text{Vida util}}$$

$$\text{Valor residual} = \text{Costo} \cdot 0.4$$

$$\text{Valor libro} = \text{Inversion} - (\text{Depreciacion} \cdot \text{Vida util})$$

$$\text{G/P capital} = \text{Valor residual} - \text{Valor libro}$$

**8.7. Ingresos:** Como se evaluó en capítulos anteriores se producirá 5 kg de tomate deshidratado al día, o sea 1.750 kg al año. Si vendemos el producto a un precio de \$12.000 el kilo tenemos un ingreso de \$21.000.000 para el primer año.

**8.7. Rentabilidad:** Para la determinación de la rentabilidad del proyecto en la tabla 8.5 se muestra el flujo de caja para 10 años de operación. Para ser conservador se supuso un aumento de ingresos en un 5% cada año y un aumento de 10% en los distintos costos de la planta de deshidratado. Como se aprecia también en la tabla 8.5 el VAN nos da un valor de \$1.537.427 lo cual es una gran ganancia de patrimonio y el TIR un 59% lo que nos indica que es un buen proyecto, con buenas ganancias y poca inversión.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		21000000	22050000	23152500	24310125	25525631	26801913	28142008	29549109	31026564	32577893
G/P de capital							-8779992				-37663436
Costos fijos		-3020000	-3322000	-3654200	-4019620	-4421582	-4863740	-5350114	-5885126	-6473638	-7121002
Costos variables		-4385000	-4823500	-5305850	-5836435	-6420079	-7062086	-7768295	-8545124	-9399637	-10339601
Costos financieros		-1500000	-1396470	-1282587	-1157316	-1019518	-867940	-701204	-517794	-316044	-94118
Depreciación legal		-358800	-358800	-358800	-358800	-358800	-358800	-275466	-275466	-275466	-275466
U.A.I.		12095000	12508030	12909863	13296754	13664453	5228155	14322396	14601065	14837246	-22640264
Imp. 1° categoría (20%)		-2419000	-2501606	-2581973	-2659351	-2732891	-1045631	-2864479	-2920213	-2967449	4528053
U.D.I.		9676000	10006424	10327890	10637403	10931562	4182524	11457916	11680852	11869796	-18112211
Depreciación legal		358800	358800	358800	358800	358800	358800	275466	275466	275466	275466
G/P de capital							8779992				37663436
Flujo Operacional		10034800	10365224	10686690	10996203	11290362	13321316	11733382	11956318	12145262	19826691
Inversión	12905806										
Valor Residual							200000				2781864
Préstamo	16000000										
Amortización		-941181	-1035299	-1138829	-1252712	-1377983	-1515781	-1667359	-1834095	-2017505	-2219255
Flujo de caja	-16000000	9093619	9329925	9547861	9743491	9912379	12005534	10066023	10122222	10127758	20389299

Tabla 8.5: Flujo de caja

VAN = \$1.537.429

TIR = 59%

## *Conclusiones*

Al terminar de evaluar los costos del proyecto y la evaluación técnica concluimos que es totalmente viable la implementación de la planta de deshidratado de tomate mediante energía solar. Si bien es poca producción debido al espacio disponible, se puede ampliar o comprar otro terreno en la misma localidad y deshidratar más cantidad de tomate deshidratado a un bajo costo, ya que la inversión en comparación con los ingresos es casi el doble, por lo que aumentar la producción no saldría tan caro.

Si bien se necesitan hartos equipos de energía solar (2 celdas fotovoltaicas y 15 colectores solares) para el deshidratado de 50 kg de tomates por día, es aun así factible, ya que el mercado es bueno y va en creciendo y no se ocupan energías “sucias” que contaminan el ambiente las cuales tienen un alto costo mensual (energía eléctrica).

Con la implementación de estos equipos no solo se pueden deshidratar tomates, también puede ser manzanas, ciruelas, uvas, etc., solo hay que re calcular el tiempo de secado, analizar la producción diaria y ver si los equipos instalados dan abasto para la deshidratación de cada fruto en particular. Así la planta puede crecer en variedad de frutos para los siguientes años si es que se desea y están los recursos para hacerlo.

Como conclusión final la implementación de la planta es totalmente viable, comprobando en cada capítulo los distintos temas (mercado, termodinámica, equipos, costos, etc.) y con la posibilidad de aumentar la producción y agregar nuevos productos para el crecimiento de la planta posteriormente.

## *Bibliografía*

Robert Montt, Mecánica de Fluidos sexta edición, editorial Pearson education.

Yunes Cengel, Termodinámica séptima edición, editorial Mc Graw Hill.

Antonio Colmonar, Centrales energías renovables, editorial Prentice Hall.

Pedro Fito, Introducción al secado de alimentos por aire caliente, editorial Universidad politecnica de Valencia.

Carolina Contreras, Tesis doctoral, Influencia del método de secado en parámetros de calidad relacionados con la estructura y el color de la manzana y fresa deshidratada,  
<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1932/tesisUPV2345.pdf> (accedido el 26/06/2014).

Patricio Valdes, Manual de deshidratación 1,  
<http://manualdeshidratacion.blogspot.com/2008/09/frutas-y-hortalizas.html> (accedido el 26/06/2014).

Cova, Walter J. D. – MARINELLI, Humberto E. , Desección de Productos Agrarios:  
Antecedentes Teóricos y Bibliográficos,  
[http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/deseccion\\_productos\\_agrarios.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/deseccion_productos_agrarios.pdf) (accedido el 26/06/2014).

Universidad Nacional Abierta y a distancia, Lección 39: Cálculos en operaciones de secado,  
[http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211612/contLinea\\_eXe\\_/leccin\\_39\\_clculos\\_en\\_operaciones\\_de\\_secado.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211612/contLinea_eXe_/leccin_39_clculos_en_operaciones_de_secado.html) (accedido el 26/06/2014).

Historial del clima, <http://www.accuweather.com/en/cl/chile-weather> (accedido el 26/06/2014).

Diseño de secadores, Capítulo 10: Procesado de frutas, hortalizas y otros productos, [http://www.cd3wd.com/cd3wd\\_40/INPHO/VLIBRARY/NEW\\_ELSE/X5403E/ES/X5403S0D.HTM](http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/INPHO/VLIBRARY/NEW_ELSE/X5403E/ES/X5403S0D.HTM) (accedido el 26/06/2014).

Catálogos de colectores solares, [http://www.archiexpo.es/prod/schuco-international/colectores-solares-termicos-modulares-56865-1348753.html#product-item\\_1348767](http://www.archiexpo.es/prod/schuco-international/colectores-solares-termicos-modulares-56865-1348753.html#product-item_1348767) (accedido el 26/06/2014).

## *Anexos*

En las siguientes páginas se muestran en orden los catálogos o partes del catálogo de:

Ventilador (Anexo 1).

Bomba de engranaje (Anexo 2).

Celda fotovoltaica (Anexo 3).

Colector solar (Anexo 4).