

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR-JOSÉ MIGUEL CARRERA

**“EVALUACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE COLECTORES SOLARES PARA
LAS DUCHAS DEL EDIFICIO R, Y RECICLAJE DE AGUAS JABONOSAS PARA EL
RIEGO DE LA CANCHA DE FUTBOL DE LA SEDE JOSÉ MIGUEL CARRERA, UTFSM”**

Trabajo de Titulación para optar al Título
Profesional de Ingeniero de Ejecución en Mecánica
de Procesos y Mantenimiento Industriales

Alumno:

Israel Alberto Freire Barrientos

Profesor Guía:

Ing. Félix Pizarro Martínez

2017

RESÚMEN

El presente estudio se constituye como un ejercicio de Evaluación y Diseño de la tecnología de Colectores Solares para el sistema de duchas del Edificio R. Así también, se propone un sistema de reciclaje de aguas jabonosas para el Riego de la Cancha de Fútbol de la Sede José Miguel Carrera de la Universidad Técnica Federico Santa María, ubicada en Viña del Mar.

Se analizará el consumo de agua y electricidad, donde calcularemos los costos implicados en el consumo de las duchas del edificio R., además de los costos del agua de pozo que se utiliza para regar la cancha de futbol.

Se investigará y analizará las propiedades de la energía solar, además de los tipos de colectores, para poder seleccionar el más indicado para el proyecto, y por último se estudiarán tipo de plantas de tratamiento, como la norma que rige en la descarga de RILES.

Se estudiaran distintos tipos de colectores y sistema de instalación, paralelo o serie, y se diseñará, se propondrá una instalación, su forma de operar y finalmente el mantenimiento de los colectores solares y la planta de tratamiento.

Y finalmente, se hará la evaluación económica del proyecto, viendo su factibilidad y retorno, al ahorrar dinero y recursos a la Universidad.

INDICE

INTRODUCCIÓN 9

OBJETIVOS GENERALES 10

OBJETIVOS ESPECIFICOS2

CAPITULO 1: ANÁLISIS EN EL CONSUMO DE AGUA PARA DUCHAS DEL EDIFICIO R, Y PARA EL RIEGO DE CANCHA DE FÚTBOL, Y COSTO IMPLICADOS 11

1.1 Análisis del consumo de agua: 12

1.1.1 Introducción 12

1.1.2 Metodología de análisis.....12

1.2 Consumo de agua para cancha 15

1.3 Conclusión Preliminar. 16

1.4 Propuesta 16

CAPITULO 2: INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ENERGÍA SOLAR, TIPOS DE COLECTORES Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS Y TIPOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTOS 17

2.1 Análisis del comportamiento del Sol 18

2.2 Observador de la Superficie Terrestre 19

2.2.1 Cálculos 20

2.2.2 Gráficos de desplazamiento Solar 21

2.3 Radiación Solar 22

2.3.1 Cálculos de la Radiación Solar Terrestre 23

2.4 Colectores Solares 25

2.4.1 Definición 25

2.4.2 Principios básicos 25

2.4.3 Tipos 25

2.5 Tratamiento de aguas 27

2.5.1 Cantidad y composición de aguas residuales 27

2.5.2 Planta de tratamientos 28

2.5.3 Tipos de Plantas de Tratamientos 29

2.5.4 "Diseño Medio Ambiental", referido a la calidad del Agua, donde se indica la Norma Chilena NCh 1333/78 30

CAPITULO 3: DISEÑO, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE COLECTORES SOLARES Y PLANTA DE TRATAMIENTO 31

3.1 Diseño de sistema de colectores 32

3.2 Distribución de presión y temperatura en colectores y estanques 34

3.3 Criterios para el diseño de los sistemas 35

3.4 Criterios para seleccionar el área del colector.....35

3.5 Diseño y construcción del colector solar.....36

 3.5.1 Estructura de soporte del colector.....36

 3.5.2 Cubierta 36

 3.5.3 Placa absorbente del colector 36

 3.5.4 Aislante 37

 3.5.5 Boquillas de polietileno 37

3.6 Diseño de planta tratamiento de aguas servidas (PTAS) 38

 3.6.1 Requerimientos Generales de Diseño.....38

 3.6.2 Diseño Medio Ambiental.....38

 3.6.3 Diseño de Procesos..... 39

 3.6.4 Diseño Hidráulico..... 39

 3.6.5 Diseño Mecánico..... 39

 3.6.6. Diseño y Requerimientos Eléctricos..... 40

 3.6.6.1 Motores Eléctricos 40

 3.6.6.2 Variadores de Frecuencia 41

 3.6.6.3 Control de Motores 41

3.7 Cálculos de cañerías y bombas 43

3.8 Cálculos de cañerías para las PTAS 44

CAPITULO 4: PRE-FACTIBILIDAD DEL PROYECTO 48

4.1 Costos 49

 4.1.1 Costo de los colectores solares 49

 4.1.2 Costos de PTAS 49

 4.1.3 Costos en tuberías y fitting 49

 4.1.4 Inversión Total 50

4.2 Pre-Factibilidad del Proyecto 50

 4.2.1 Préstamo 50

4.3 Depreciación 52

 4.3.1 Depreciación de PTAS 52

 4.3.2 Depreciación colectores solares 53

4.4 Flujo de caja 54

CONCLUSIÓN 56

RECOMENDACIÓN 57

ANEXO 1 58

ANEXO 2 59

BIBLIOGRAFIA 61

SIGLAS:

pH	:	Coeficiente que indica el grado de acidez o basicidad de una solución acuosa
DFL	:	Decreto con Fuerza de Ley
DBO	:	Demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días
KMnO	:	Perganmanato de potasio
DQO	:	Demanda química de oxígeno
NCh	:	Norma chilena
SISS	:	Superintendencia de Servicios Sanitarios
PTAS	:	Plantas de Tratamiento
CCM	:	Centro de Control de Motores
VAN	:	Valor Actual Neto
TIR	:	Tasa Interna de Retorno

SÍMBOLOGIA

m ³	:	Metros Cúbicos
kWh	:	kilo Watts hora
°C	:	grados Celsius
δ	:	Declinación (°)
n	:	Número Secuencial del día del año
a	:	Altitud
ψ	:	Azumit
φ	:	Zenit
L	:	Latitud
H	:	ángulo de hora solar
I	:	Constante Solar
I _H	:	Radiación total superficie horizontal fuera de la Atmósfera terrestre
I _{H,T}	:	Insolación total horizontal terrestre
a,b	:	Constantes geográficas del lugar
N	:	Horas del sol diarias, promedio máximo posible
ml	:	mililitro
mg	:	miligramos
cm	:	centímetros
lt	:	litro
min	:	minuto
kJ	:	kilo Joule
V	:	Volt
Hz	:	Hertz
kA	:	kilo Ampere
m.s.n.m.	:	metro sobre el nivel del mar
Ø	:	diámetro
Q	:	caudal
A	:	área
V	:	velocidad

Re : número de Reynold
mca : metro columna de agua

INTRODUCCIÓN:

En la actualidad, el Agua se ha vuelto un preciado bien de consumo, debido a una multiplicidad de factores, entre los que podemos mencionar: Su vital importancia para cubrir las necesidades de la vida diaria, su cada vez más alto valor monetario, la cada vez más tecnificada extracción, la alta demanda de consumidores y usuarios, las condiciones climáticas (sequías), así como también producto de la privatización de este bien vital. En este mismo sentido, vale la pena mencionar que la producción energética, ha encarecido el costo de la energía, tanto por dependencia de los hidrocarburos e hidroeléctricas, así como también el monopolio de grupos económicos, quienes valorizan la energía en función de las leyes de oferta y demanda. Por lo anterior, hoy en día emerge la necesidad de diversificar la matriz energética, con el objetivo de reducir costos en su producción, así como también para reducir la polución en el planeta. El objetivo estratégico de remirar estos procesos, dice relación con revertir una inminente crisis del actual modelo de vida de las sociedades modernas. El desperdicio del recurso agua, es preocupante. La instalación de plantas de tratamiento de aguas servidas, si bien es una solución al problema de la contaminación, no resuelve el constante y creciente desperdicio de este recurso.

En el presente trabajo de título, se propone una alternativa de solución a ambas temáticas (desperdicio y contaminación) a través de un caso particular de implementación, como lo es el diseño e implementación de un sistema de calentamiento de duchas y de reciclaje de aguas jabonosas.

Se propone un modelo de autonomía energética en el sistema de duchas del Edificio R, de la sede de Viña del Mar de la UTFSM, a través de colectores solares, y posteriormente se propone el uso de aguas calefaccionadas con energía solar, para ser recicladas por una planta de tratamiento para su reutilización, específicamente para el riego de la cancha de fútbol de la Universidad.

Para la realización de este estudio se propone un modelo de integración de métodos, en donde se contempla la realización de estudio cuantitativo y cualitativo, de evaluación y de reducción de energía eléctrica y de agua. Esta opción metodológica, pretende producir información necesaria que permita ponderar la utilización eficiente de dineros por parte de la Universidad en materia de utilización eficiente del recurso agua.

Como criterio de pertinencia del presente estudio, se releva la impronta y liderazgo de la Universidad Técnica Federico Santa María, en Ciencias y Tecnología, por lo que el avanzar en la implementación de iniciativas en esta materia, afianza su tradición y le otorga coherencia en relación a lo que desde sus propias aulas se impulsa.

OBEJTIVO GENERAL

Diseñar un sistema de calefacción para las duchas del edificio R, a través de colectores solares, con el fin de ahorrar en el consumo de energía eléctrica, que utilizan los termos Ursus Trotter. Diseñar un sistema de reutilización de las aguas jabonosas, que utilizan en las duchas los alumnos de la sede, esto por medio de una planta de tratamiento, que dejara en condiciones adecuadas las aguas, para usarlas en el riego de cancha de fútbol, sede José Miguel Carrera, UTFSM.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Medir y evaluar el consumo de agua y energía eléctrica, y los costos implicados, en las duchas del edificio R, para luego comparar con el sistema de calefacción propuesta.
- Comparar y seleccionar sistemas de colectores y plantas de tratamiento de aguas servidas, para optar por la más óptima para el sistema.
- Diseñar el sistema de colectores con su respectivo sistema de cañerías y planta de tratamiento de aguas jabonosas, con sus respectivos pozo acumulador y sistema de cañerías.
- Realizar un estudio de pre-factibilidad, con una evaluación de los costos y el retorno de la instalación tanto de calefacción como el de la planta de tratamientos de aguas.

**CAPITULO 1: ANÁLISIS EN EL CONSUMO DE AGUA PARA DUCHAS DEL
EDIFICIO R, Y PARA EL RIEGO DE CANCHA DE FÚTBOL, Y COSTO IMPLICADOS.**

1.1 Análisis del consumo de agua:

1.1.1 Introducción:

El agua es un producto esencial en el consumo diario de las personas, tanto para la higiene personal y de sanitización en labores cotidianas (consumo en alimentos, lavado de menaje, utensilios, ropa, entre otros) así como para tratamiento de desechos. El foco de análisis y de diseño del presente trabajo, se sitúa en lo que refiere a higiene personal.

Existen consumos domiciliarios, consumos industriales y consumo para actividades pos-deportivas (duchas). En la sede José Miguel Carrera, se cuenta con dos instalaciones de duchas para alumnos y profesores: la primera ubicada en el Gimnasio, y otras en el Edificio R, en este primer capítulo analizaremos, el consumo de agua, como también los costos.

Además, se analizará el consumo y costos implicados en el riego de la cancha de fútbol, que se encuentra ubicada a un costado del edificio R, y a través de la metodología propuesta, ver si es factible implementar un sistema de riego, reutilizando las aguas jabonosas de las duchas del edificio.

1.1.2 Metodología de análisis:

Dentro del proceso de levantamiento de la información, y con el objeto de analizar el consumo y costos implicados, se realizará una división de consumo: Por Cursos, Bloques, Semanal y Mensual, debido a que el consumo de agua no es constate durante el tiempo, con el objetivo de obtener un consumo y costo anual.

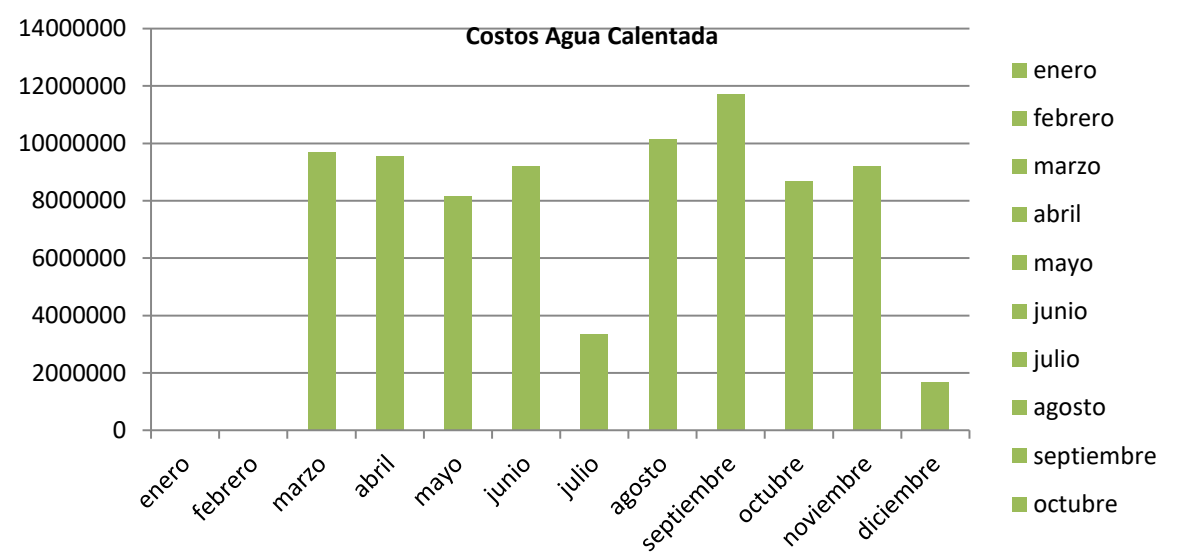
Luego esta información será cruzada con los costos de consumo de agua y de los costos de kwh, necesarios para temperar el agua utilizada.

Tabla 1-1: Tabla de consumo de aguas mensuales, y costos implicados.

	Consumo mensual	Costos	Costos Agua Calentada	Total Costo
	m³	\$	\$	\$
Enero	0,00	0,000	0,000	
Febrero	0,00	0,000	0,000	
Marzo	1.123,20	819.127,296	10.863.508,680	
Abril	1.104,00	805.125,120	10.677.807,677	
Mayo	945,60	689.607,168	9.145.774,401	
Junio	1.065,60	777.120,768	10.306.405,671	
Julio	388,80	283.544,064	3.760.445,312	
Agosto	1.175,20	857.049,856	11.366.448,896	
Septiembre	1.356,00	988.903,680	13.115.133,342	
Octubre	1.003,20	731.613,696	9.702.877,411	
Noviembre	1.065,60	777.120,768	10.306.405,671	
Diciembre	194,40	141.772,032	1.880.222,656	
Consumo Anual	9421,60	6.870.984,448	91.125.029,7164	97.996.014,1644

Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de ESVAL S.A. y ministerio de energía.

Gráfico 1-1: Costos mensuales kilo watts hora



Fuente: Elaboración propia en base a información obtenida de ESVAL S.A. y ministerio de energía.

Del gráfico anterior es posible desprender que los menores consumos se presentan en los meses de Enero y Febrero, ya que la Universidad como institución educacional, no tiene clases regulares en dichos meses. Los meses de Julio y Diciembre, disminuyen considerablemente puesto que la Universidad comienza su

receso de invierno y verano, respectivamente. Los demás consumos se mantienen, observándose pequeñas variaciones, pero finalmente es donde se realiza el mayor consumo de agua por concepto de duchas.

Los horarios usados de los cursos, fueron obtenidos del fichero de la Universidad, y corregidos con docentes del ramo de actividad formativa. Con esto se obtiene exactamente las horas del día en que se utilizan las duchas.

El caudal calculado en las duchas es de 15 litros por minuto, esto es en las 16 duchas de las instalaciones, considerando que se dispone de 4 camarines con 4 duchas cada uno.

Para efectos del cálculo de consumo y costos, es preciso señalar que no fue posible obtenerlos desde los registros del Área de mantenimiento de la Universidad, por lo que fueron calculados y aproximados a la realidad concreta del caso de estudio.

El promedio de uso de los camarines es de 30 minutos por Bloque y Curso, observado y contabilizado junto con mantenimiento de la Sede.

Finalmente, es posible desprender de la tabla 1-1, que el consumo final anual es de 9.421,6 metros cúbicos.

Los costos de agua potable, fueron obtenidos a partir de información entregada por ESVAL S.A. de acuerdo a actualización al 1 de enero de 2017, y equivalen a \$729,28 el metro cúbico, y esto arroja un costo final, solo de agua potable, de \$6.870.984,448.

El consumo de kilowatts hora (kwh), será calculado, desde de una temperatura de 15° Celsius (°C) hasta una temperatura de 70 °C. Esto será calculado con la ecuación de energía térmica, y sus posteriores transformaciones.

Este proceso se realiza utilizando un termo de la marca Ursus Trotter, de capacidad de 700 litros y 9 kwh, el cual se demora en calentar el agua desde una temperatura de 15°C a 70°C, 5,4 horas¹. El consumo se fijará de acuerdo a lo establecido en el artículo N° 191 de DFL N° 4 de 2006, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, sometidos a regulación de precios, a partir del 01 de junio de 2017 y es igual a \$151,57 por kwh, y el consumo total de kwh al año es equivalente a 601.672,797.

Es posible observar en la tabla que el costo final anual de consumo tanto de kwh como de metros cúbicos de agua, para el uso de duchas, es de un total de \$97.996.014,1644, y este punto es relevante en la exposición del presente trabajo de memoria, ya que el consumo de kwh representa un 92,99% del costo total anual de las duchas para alumnos.

1 Instrucciones de Instalación y Uso Termo Eléctrico ATI, Ursus Trotter.

1.2 Consumo de agua para cancha:

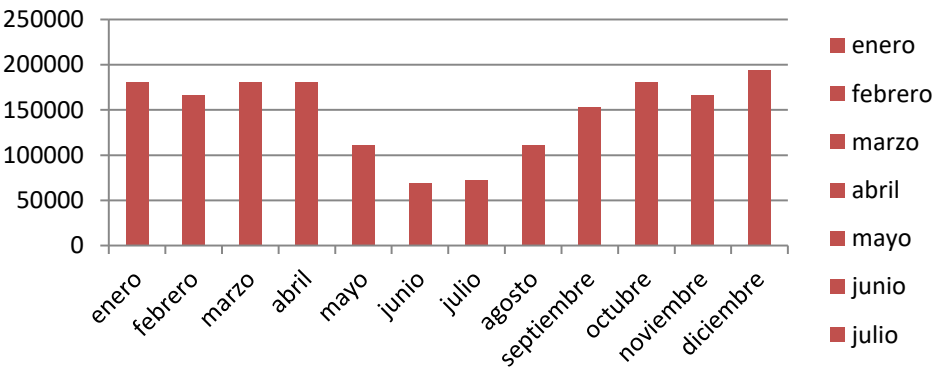
El consumo diario, para regar una cancha con la dimensiones, de la cancha de sede de Viña del Mar, de la Universidad, son alrededor de 52 metros cúbicos. El césped se riega cada 3 días en la semana, en los meses de más calurosos - 8 en total- 2 veces por semana 2 meses y una vez a la semana, los meses más lluviosos, que corresponde a 2 meses del año. Tal como se observa en la tabla a continuación:

Tabla 1-2: Consumo de Agua y Costos Mensuales para Riego de Cancha de Futbol.

	Consumo de Agua Mensual	Costos Mensuales
	m³	\$
Enero	676	197.197,31
Febrero	624	182.028,29
Marzo	676	197.197,31
Abril	676	197.197,31
Mayo	416	121.352,19
Junio	260	75.845,12
Julio	269	78.470,53
Agosto	416	121.352,19
Septiembre	572	166.859,26
Octubre	676	197.197,31
Noviembre	624	182.028,29
Diciembre	728	212.366,34
Total	6613	1.929.091,46

Fuente: Departamento de mantenimieto de la Universidad, sede Viña del Mar.

Gráfico 1-2: Consumo de Agua y Costos Mensuales para Riego de Cancha de Fútbol.



Fuente: Departamento de mantenimieto de la Universidad, sede Viña del Mar.

Es posible observar de la tabla 1-2 y del gráfico 1-2, que el consumo anual de metros cúbicos de agua para el riego, es de 6.613, y el costo final es de \$1.929.091,46, que se utilizan para el mantenimiento de la cancha de fútbol de la Universidad.

El costo es calculado por el consumo de agua multiplicado por el precio de agua de pozo, lo cual que equivale al 40% de agua comercial.

1.3 Conclusión Preliminar.

Es posible concluir que el más alto costo del sistema de calefacción de las duchas, se agota en calentar el agua potable de la red. No tomaremos en cuentas los cargos fijos de cobros de compañías, porque en este estudio son irrelevantes. Un costo de \$91.125.029,7164.

Los altos costos en consumo de energía eléctrica, es donde podemos proponer un solución alternativa.

El costo de agua para el riego de la cancha de la sede José Miguel Carrera, tiene un costo final de \$1.929.091,46

Finalmente podemos concluir que el costo final de la evaluación, donde tenemos que intervenir, es en el sistema de calefacción y en el riego de la cancha, arrojando un costo final total de, \$93.054.121.2.

1.4 Propuesta:

Intervenir el sistema de calefacción, convirtiéndolo un sistema hibrido de calefacción, combinando el sistema existente, de termo Ursus Trotter, y la innovación es la instalación de colectores solares, para calentar el agua, aprovechando la ubicación geográfica, privilegiada, de la Universidad. Esta innovación pretende rebajar los costos radicalmente, con un retorno de 3 años aproximadamente.

Por ultimo con una planta de tratamiento, reutilizar las aguas jabonosas, que hoy terminan en el desagüe, en el riego de la cancha.

**CAPITULO 2: INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ENERGÍA SOLAR, TIPOS DE
COLECTORES Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS Y TIPOS DE PLANTAS DE
TRATAMIENTOS.**

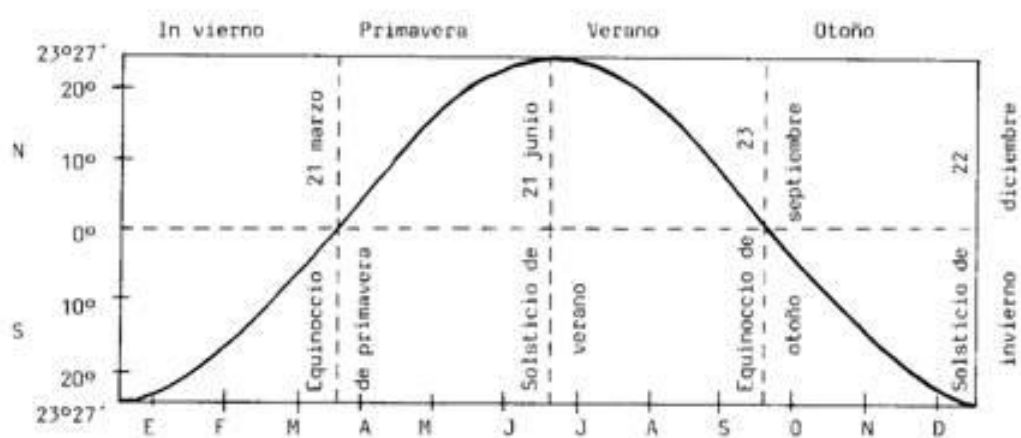
2.1 Análisis del comportamiento del Sol:

El comportamiento del Sol, desde la perspectiva de la tierra, depende del movimiento de Rotación; dio movimiento define la hora del día: cada 15 meridianos, representa una hora. Otro factor es la Latitud a la cual nos posicionamos de la línea del Ecuador: si tenemos Latitud Norte o Latitud Sur, recibimos los rayos del sol de distinto modo. Por último contamos con el movimiento de Traslación, que da origen a la estaciones del año, a esto podemos agregar que el eje de la tierra tiene una inclinación de 23° 27´ respecto a la perpendicular a la eclíptica¹.

La Declinación es el movimiento que realiza la Tierra durante su traslación alrededor del Sol, y el ángulo que se forma entre la línea Sol-Tierra y el plano Ecuatorial celeste.

Podemos observar como varía la declinación Solar a través del año, en la figura 2.1. La declinación la designaremos con la letra δ.

Figura 2.1 Gráfico de la declinación solar.



Fuente: <http://astrofactoria.webcindario.com/Santander04.htm>

Para el Hemisferio Norte la declinación se definirá como positiva, +23°27´ el 21 de junio, máximo ángulo respecto del Ecuador celeste, y -23°27´ el 21 de diciembre, para el Hemisferio Sur.

Además consignaremos a continuación la fórmula de declinación para ingeniería, que está suficientemente aproximada.

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen}\left(360 \frac{284 + n}{365}\right)$$

Donde:

δ : Declinación en (°)

n : Número Secuencial del día del año.

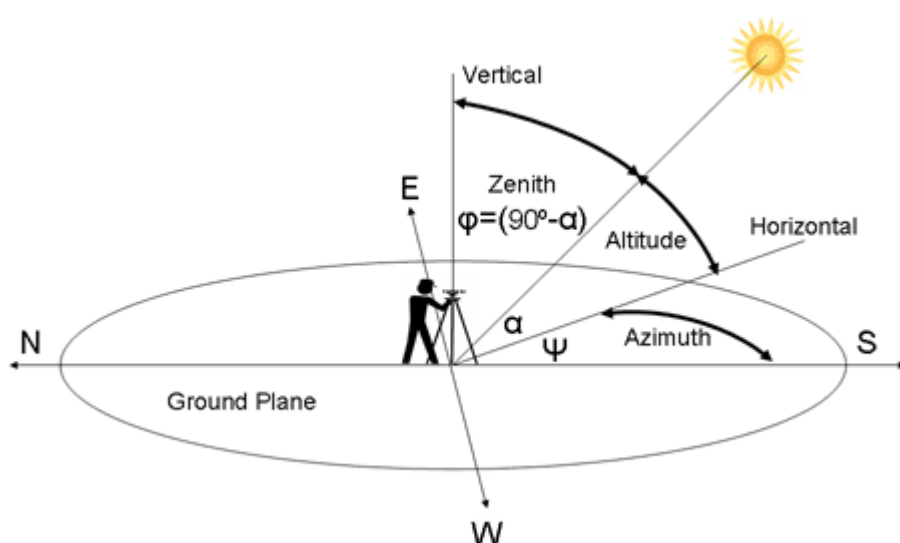
2.2 Observador de la Superficie Terrestre:

El ángulo que forma el rayo Solar con el plano horizontal y con respecto a la vertical, como se puede observar en la figura 2.2, se denomina Altitud y se representa con la letra α .

La perpendicular al plano horizontal -la vertical- en el punto del observador se designa como Zenit. El ángulo formado que corresponde a $90^\circ - \alpha$, se denomina Zenit y se asignara con la letra ϕ .

El ángulo que forma la proyección en el plano horizontal del rayo Solar y la línea Norte o Sur, se le designara el nombre de Azumit y se le asignara la letra ψ , tal como se describe gráficamente en la figura 2.2.

Figura 2.2 altitud α , Azumit ψ del sol y el ángulo Zenit ϕ .

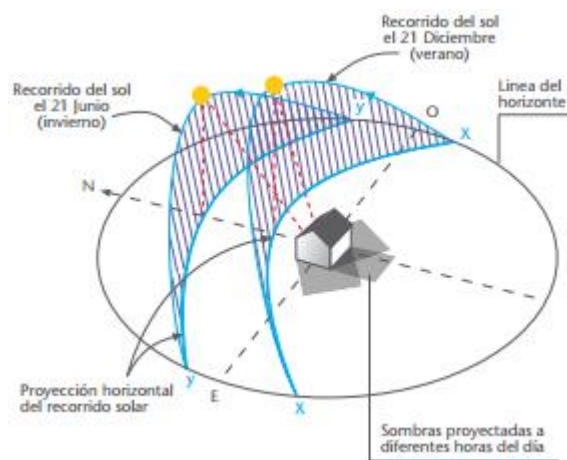


Fuente: http://www.solartrader.ca/What_is_azimuth

La figura 2.3 representa al observador desde el Hemisferio Norte, con respecto a los planos verticales y horizontales, y muestra la trayectoria del Sol tomando referencia la esfera celeste.

Se puede observar cómo se comporta el Sol dependiendo de las distintas fechas. El 21 de diciembre es el solsticio de verano, marzo 21 y septiembre 22 son los equinoccios, y el 21 de junio es el solsticio de invierno (visto por el observador desde el Hemisferio Sur). Para efectos del presente estudio se considerará el comportamiento observado desde la Sede Viña del Mar de la UTFSM, esto es el paralelo 33.

Figura 2.3 Recorrido del sol para un observado desde el hemisferio sur.



Fuente: http://www.hunterdouglas.cl/ap/uploads/cl/guia_solar_sustantibilidad.pdf

2.2.1 Cálculos

Del estudio de las figuras 2.2 y 2.3 presentadas anteriormente, es posible deducir que el Sol se desplaza alcanzando su mayor altitud a mediodía y el azumit recorrido es superior a 180° en el solsticio de verano. El Sol alcanza su menor altitud al mediodía y el recorrido del azumit en el solsticio de invierno es menor a 180°, en los equinoccios el recorrido será del azumit será igual a 180°.

Por lo tanto, el Azumit dependerá de la hora del día, de la ubicación geográfica, latitud, y de la fecha del año (declinación).

Para obtener un cálculo que sea útil para una aplicación específica, conviene utilizar las siguientes ecuaciones:

$$\text{Sen}\alpha = \text{sen}L \cdot \text{sen}\delta + \text{cos}L \cdot \text{cos}\delta \cdot \text{cos}H \text{ (ecuación 1-1)}$$

$$\text{Sen}\psi = \frac{\text{cos}\delta \cdot \text{sen}H}{\text{cos}\alpha} \text{ (ecuación 1-2)}$$

Donde:

- α : altitud(°)
- L : latitud(°); +norte; -sur
- δ : declinación(°); +Norte celeste; -Sur celeste
- H : ángulo de hora solar (°) = 15 (N° horas a mediodía)
- ψ : Azumit(°), medido al Este u Oeste desde el Norte

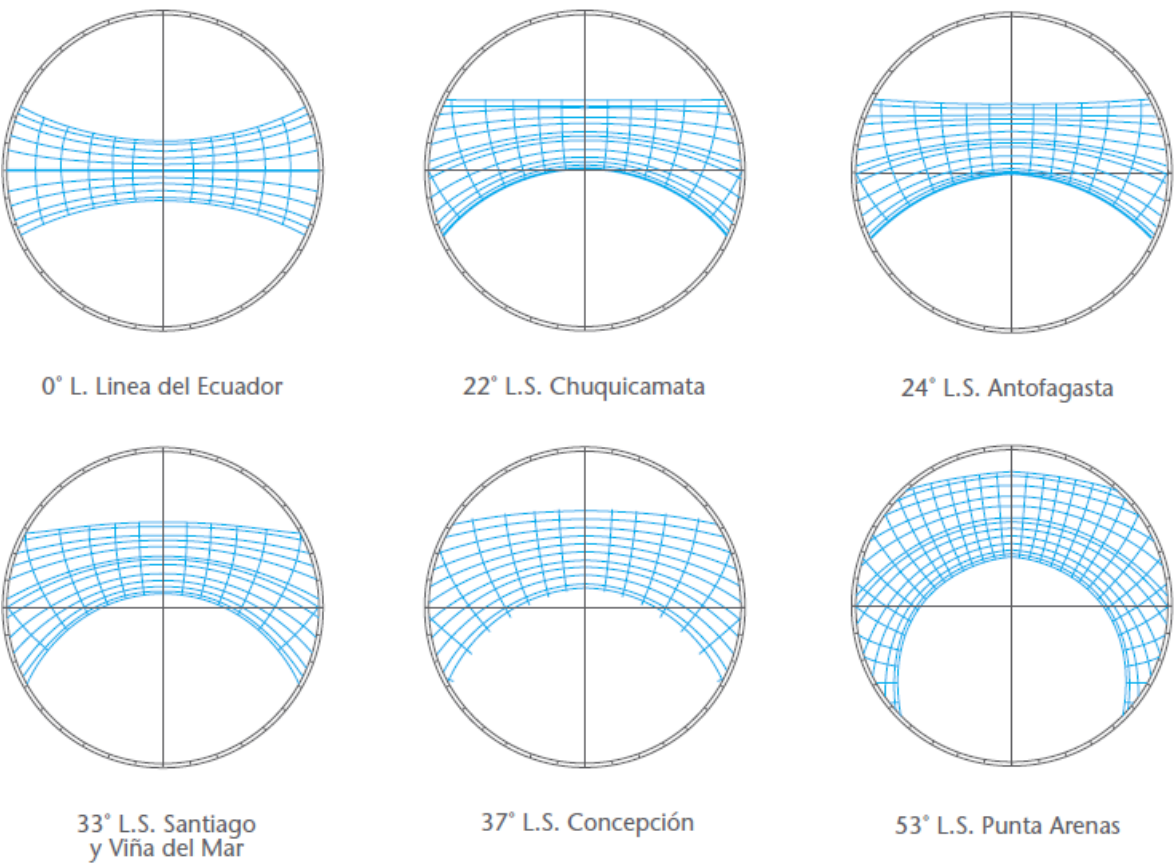
Para H : 90(°) = 6 (horas)

$$1(\text{hr}) = 15(^{\circ})$$

2.2.2 Gráficos de desplazamiento Solar:

Para diferentes declinaciones y distintas horas del día, como también para distintas latitudes, y al determinar la altitud y azumit del Sol, como también la hora de salida y puesta del sol, se construyen los siguientes gráficos de desplazamiento Solar.

Figura 2.4 Proyección horizontal del recorrido solar para diferentes latitudes.

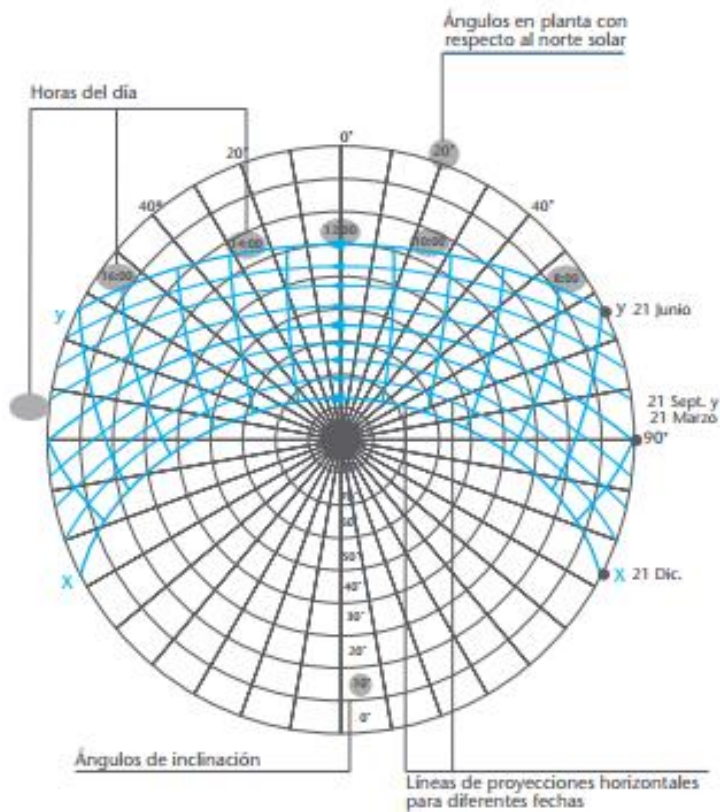


Fuente: http://www.hunterdouglas.cl/ap/uploads/cl/guia_solar_sustantibilidad.pdf

Como podemos observar en los distintos gráficos, existen claras diferencias entre la zona del Ecuador y la zona de Punta Arenas, y esto está determinado por la Latitud o distancia del paralelo 0. Mientras en la línea del Ecuador marca 0° en Punta Arenas se indica 53°, por lo tanto la declinación es mucho mayor.

Con relación al presente estudio, interesa observar el gráfico de 33°, ya que en esa zona geográfica se encuentra ubicada la Universidad.

Figura 2.5 Gráfico de desplazamiento solar para Latitud Sur 33°



Fuente: http://www.hunterdouglas.cl/ap/uploads/cl/guia_solar_sustantibilidad.pdf

Podemos desprender del gráfico de la figura 2-4, como se comportara el sol durante el año y principalmente sobre los solsticios y equinoccios.

Otra aplicación para los gráficos de desplazamiento es la que permite determinar los "períodos de sombras" y el "perfil de horizonte".

2.3 Radiación Solar

La radiación Solar que incide en un cuerpo determinado puede ser de dos tipos: directa o difusa.

Entenderemos radiación directa como aquella que viene directamente del Sol sin cambiar de dirección.

Radiación difusa es aquella que por reflexión o dispersión, cambia la dirección del rayo.

En un día nublado toda la radiación es difusa, pero en días despejados existe algo de radiación difusa, levemente.

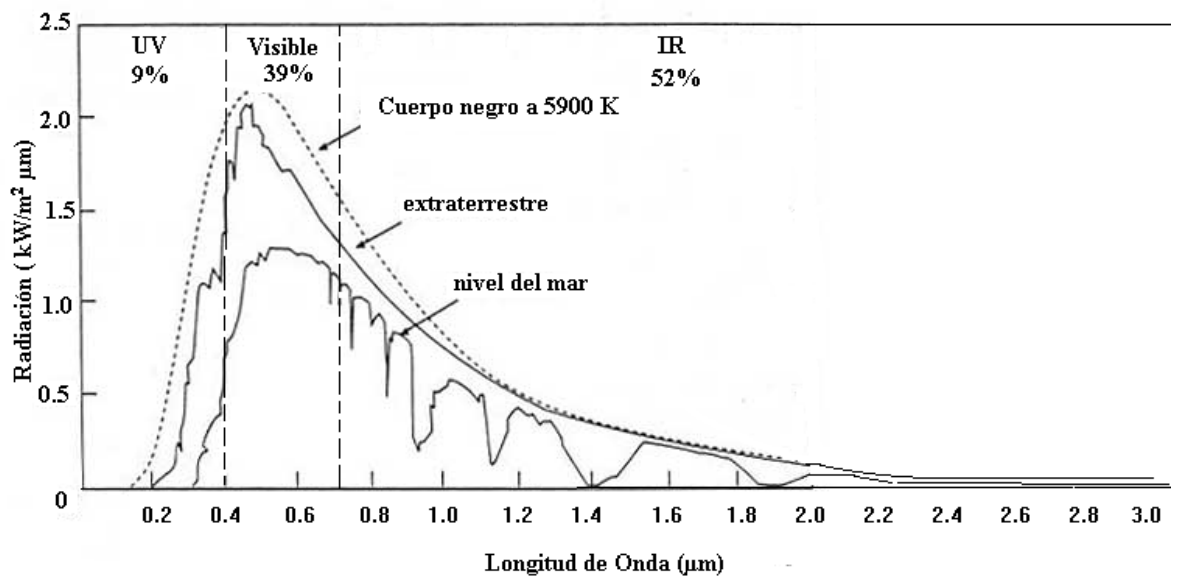
La radiación Solar medida en superficie perpendicular a los rayos solares, fuera de la Atmósfera terrestre y a una distancia media del Sol, se le denomina constante Solar y la designaremos por "I".

Valores de I, con distintas Unidades:

$$I = 1353(\text{W/m}^2)$$
$$= 4817(\text{kJ/m}^2\text{hr})$$

La radiación que incidirá en la superficie de la Tierra, siempre será menor que la constante Solar y dependerá de la longitud de onda (λ), altitud, orientación, declinación y hora del día. En la figura 2.5, se puede observar la comparación entre la energía radiante fuera de la Atmósfera terrestre y la energía recibida por la Tierra a nivel del mar.

Figura 2.6 Energía radiante fuera de la Atmósfera terrestre y la energía recibida por la Tierra a nivel del mar.



Fuente: <http://escritura.proyectolatin.org/introduccion-al-estudio-de-fuentes-renovables-de-energia/21-radiacion-solar/>

La dispersión por las moléculas de vapor de agua, partículas en suspensión, la absorción del oxígeno y anhídridos carbónico, son de relevancia en el fenómeno anteriormente explicado.

2.3.1 Cálculos de la Radiación Solar Terrestre

Se pueden usar diferentes fórmulas aproximadas, como las que expondremos a continuación:

$$I_{H,T} = I_H \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{día}}$$

Donde:

$I_{H,T}$: Insolación total horizontal terrestre en $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{día}}$

I_H : Radiación total superficie horizontal fuera de la Atmósfera terrestre, para misma ubicación y período de tiempo de $I_{H,T}$ en $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{día}}$

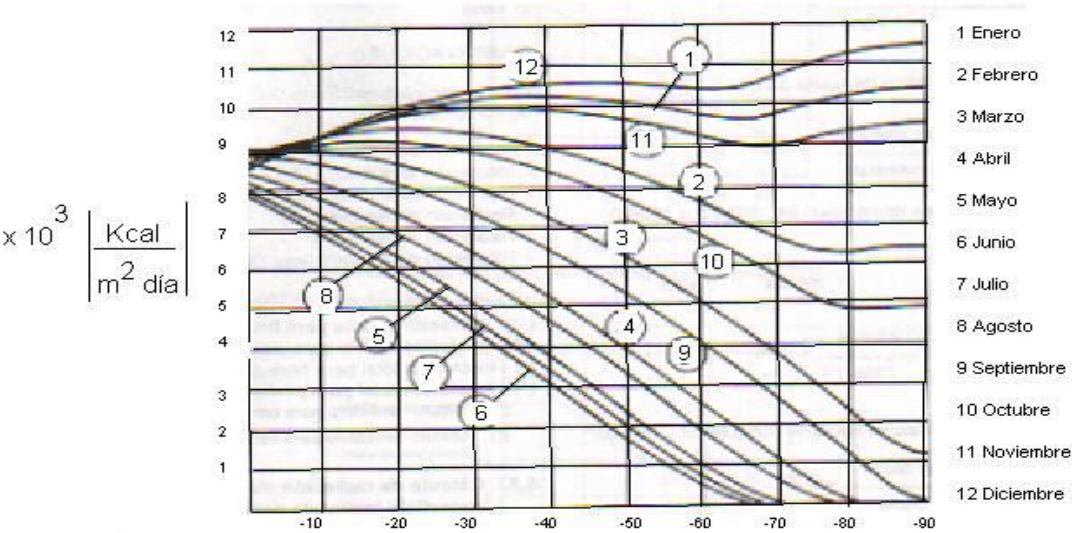
- a,b : Constantes geográficas del lugar, desprendidos de tabla 2-1.
- n : Horas de sol diarias, promedios reales, considerando días nublados.
- N : Horas de sol diarias, promedio máximo posible, vale decir, cero horas de nublados.

Tabla 2-1 Constantes Geográficas.

Ciudad de ejemplo	Clima	a	B
El Paso, USA	Desértico, árido	0,54	0,2
Hamburg, Alemania	Húmedo, lluvias frecuentes	0,22	0,57
Honolulu, USA	Tropical, lluvias frecuentes	0,14	0,73
Madison, USA	Húmedo, lluvias, nieve	0,3	0,34
Miami, USA	Bosques, tropical	0,42	0,22
Niza, Francia	Bosques, seco en invierno	0,17	0,63
Valparaíso, Chile	Estepa, seco, nubosidad	0,26	0,5

Podemos de obtener I_H , para periodos mensuales por medio del Gráfico de la figura 2.6.

Figura 2.7 Radiación solar en superficie horizontal fuera de la atmósfera terrestre I_H , según Latitud Sur y mes del año



Fuente: Energía Solar, aplicaciones e ingeniería, Pedro Sarmiento.

2.4 Colectores Solares.

2.4.1 Definición:

Un colector o captador solar, es un dispositivo diseñado para absorber o captar energía irradiada por el sol y convertida en energía térmica. Existen dos grandes grupos de colectores: los captadores de baja temperatura, utilizados fundamentalmente en sistemas de domésticos de calefacción y calentamiento de aguas, y los colectores de alta temperatura, conformados mediante espejos, y utilizados generalmente para generar energía eléctrica.

Se está desarrollando otro grupo, que son los captadores de muy alta temperatura.

2.4.2 Principios básicos.

a) Por convección natural.

El principio de funcionamiento se basa en el movimiento del fluido, del colector al estanque por la parte superior al estanque al colector por la parte inferior, causado por convección natural.

b) Circulación forzada.

El sistema de circulación forzada, el agua es impulsada por una bomba del colector al estanque y viceversa, cuando las condiciones climáticas así lo aconsejan.

2.4.2 Tipos.

Para estudiar los tipos de colectores y entenderlos, nos basamos en la tesis, "diseño, construcción y caracterización de un colector solar plano de aire", de la Universidad de Santiago, que adjuntaremos en Anexos, pagina 51.

Hoja de Trabajo 1: Cálculo de Insolación total en superficie inclinada

MES	I _H	I _H	I _{H,T}		I _{H,T} difusa	(I _{H,T} -I _{H,T} difusa)		Ins. total superficie inclinada [kcal/m²día]
	$\frac{kJ}{m^2día}$	$\frac{kcal}{m^2día}$	$\frac{kcal}{m^2día}$	$\frac{I_{H,T}}{I_H}$	$\frac{kcal}{m^2día}$	Ins. directa + sup. horiz.	$\times \frac{Cos i}{Cos z}$	
ENERO	43000	10272,7	5400	0,53	1998	3402	0,83	4822
FEBRERO	38700	9245,4	4000	0,43	1680	2320	0,93	3838
MARZO	33000	7883,7	3600	0,46	1476	2124	1,11	3834
ABRIL	25500	6092	3200	0,53	1184	2016	1,36	3924
MAYO	19500	4658,6	2000	0,43	840	1160	1,6	2696
JUNIO	16900	4037,4	1500	0,37	735	765	1,76	2081
JULIO	18000	4300,2	1700	0,4	782	918	1,68	2324
AGOSTO	23000	5494,7	2250	0,41	945	1305	1,44	2824
SEPTIEMBRE	29800	7119,2	3500	0,49	1330	2170	1,2	3934
OCTUBRE	36000	8600,4	3800	0,44	1558	2242	1	3800
NOVIEMBRE	41500	9914,4	5200	0,55	1716	3484	0,87	4747
DICIEMBRE	44000	10511,6	5600	0,53	2072	3528	0,81	4930

Localidad: Valparaíso

Latitud: 33° Sur

Inclinación

Colector, B: 33°

2.5 Tratamiento de aguas

2.5.1 Cantidad y composición de aguas residuales.

Para poder seleccionar la planta de tratamiento adecuada se debe tener la composición de las aguas residuales, que fueron utilizadas en las duchas del edificio R, donde se debe medir el pH, los sedimentos, sustancias suspendidas, sustancias disueltas, demanda bioquímica de oxígeno después de 5 días (DBO₅), Perganmanato de potasio (KmnO₄), Demanda química de oxígeno (DQO), y por último Amoniaco. También se debe observar la cantidad de monóxido de carbono.

Valor	Sust.	Sust.	Sust.	DBO ₅	Consumo	DQO	Cant.	Amoniaco
Ph	sedimentada	Suspen- didas	Disuel- Tas	No filtrada	De KmnO ₄ No filtradas	No Filtrada	De CO	
	ml/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	g/(p.d)	mg/l
7-8	2,0	300- 500	400- 600	100- 200	0	150- 300	7	15-30

Tabla 2-2 Concentración de residuos

Con la información de la tabla 2.2 podemos elegir la planta de tratamiento más adecuada y con las condiciones apropiadas para los requerimientos del riego de la cancha de fútbol de la Sede Viña del Mar.

De los sólidos sedimentables, suspendidos y disueltos se pueden retirar por medio de filtración, con eso no habría mayores problemas puesto que existen diversos tipos de filtros para los diferentes grosores de sedimento, por otro lado el PH está acorde a lo que dice la normativa, para el tema de la remoción de DBO existen diversos filtros biológicos a los cuales se puede aplicar el agua que quieres tratar; como lombrifiltos, aeroponia, hidroponía, en entre otros. Sin embargo el uso de estos dependerá del caudal de entrada y cada cuanto entrara ese caudal (en caso de ser necesario tener un reservorio). Por otra parte la concentración de amoniaco está dentro del margen de entrada considerado en la literatura (Esval, Metcalf & Eddy, 1996) que establece un rango promedio entre 12-50 mg/l. La DBO₅ según la misma bibliografía esta dentro del margen (110-400) habria que bajarla un poco para no estar en el limite, aun asi el filtro biologico es quien se encarga tambien de eso.

D. S. 46/2003 Establece norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas:

Parámetros	Valor Característico	Límite Máximo Permitido	Cumplimiento	Diferencia
Aceites y Grasas	60 mg/L	20 mg/L	X	40 mg/L
Aluminio	1 mg/L	1. mg/L	✓	- 4 mg/L
Arsénico	0,05 mg/L	0,5 mg/L	✓	- 0,45 mg/L
Boro	0,75 mg/L	0,75 mg/L	✓	0
Cadmio	0,01 mg/L	0,01 mg/L	✓	0
Cianuro	0,20 mg/L	0,2 mg/L	✓	0
Cloruros	400 mg/L	400 mg/L	✓	0
Cromo Hexavalente	0,05 mg/L	0,05 mg/L	✓	0
Fluoruro	1,5 mg/L	1,5 mg/L	✓	0
Manganeso	0,3 mg/L	0,3 mg/L	✓	0
Molibdeno	0,07 mg/L	1 mg/L	✓	- 0,03 mg/L
Níquel	0,1 mg/L	0,2 mg/L	✓	- 0,1 mg/L
Mercurio	0,001 mg/L	0,001 mg/L	✓	0
Nitrógeno Total Kjeldahl	50 mg/L	50 mg/L	✓	0
Pentaclorofenol	0,009 mg/L	0,009 mg/L	✓	0
Plomo	0,2 mg/L	0,05 mg/L	X	0,15 mg/L
Selenio	0,01 mg/L	0,01 mg/L	✓	0
Sulfatos	300 mg/L	1000 mg/L	✓	- 700 mg/L
Sulfuros	3 mg/L	1 mg/L	X	2 mg/L
Tetracloroetano	0,04 mg/L	0,04 mg/L	✓	0

Tabla 2.3

Sin embargo, dentro de la normativa del DS 46/2003, se establece en su Título III: Límites máximos permitidos para descargas de residuos líquidos a aguas subterráneas, lo siguiente:

Artículo 7º. Si el contenido natural de la zona saturada del acuífero excede al límite máximo permitido en este decreto, el límite máximo de la descarga será igual a dicho contenido natural.

2.5.2 Planta de tratamientos.

Se pretende establecer algunas consideraciones básicas y generales para seleccionar una planta de tratamientos de aguas servidas, que cumpla con los requerimientos de norma y de instalación más propicia, para el reciclaje y posterior reutilización de las aguas proveniente de las duchas del edificio R, de las dependencias de la sede Viña del Mar, de la UTFSM. Esto para no provocar contaminación al interior de la Universidad, y en específico en la cancha de fútbol.

De aquí la importancia en cumplir con la norma vigente en el país sobre tratamientos de aguas servidas, para así poder seleccionar de forma correcta la planta de tratamiento más adecuada, y garantizar la instalación, operación y mantenimiento. El buen funcionamiento permite, que al regar la cancha de fútbol, no se contamine el suelo, y no dañe los aspersores.

2.5.3 Tipos de Plantas de Tratamientos.

Actualmente existen diversos tipos de plantas de tratamientos de aguas servidas, a continuación expondremos los tipos de tratamientos más usadas en la reutilización de aguas domiciliarias e industriales, la cuales son:

a) Tratamiento Físico:

En este tratamiento se implementan tamizados para atrapar partículas sólidas, de tamaños grandes, en este caso pueden ser pelos. Igualmente se puede usar precipitación con o sin ayuda de coagulantes o floculantes, y finalmente se utilizan separadores y filtración de sólidos.

b) Tratamiento Químico:

En este tratamiento se usa combinado con procedimientos para remover sólidos con filtración.

- Eliminación del hierro del agua potable

Los métodos para eliminar el exceso de hierro incluyen generalmente transformación del agua clorada en una disolución generalmente básica utilizando cal apagada; oxidación del hierro mediante el ion hipoclorito y precipitación del hidróxido férrico de la solución básica. Mientras todo esto ocurre el ion OCl está destruyendo los microorganismos patógenos del agua.

- Eliminación de los fosfatos

El tratamiento de las aguas residuales domésticas incluye la eliminación de los fosfatos. Un método muy simple consiste en precipitar los fosfatos con cal apagada. Los fosfatos pueden estar presentes de muy diversas formas como el ion Hidrógeno fosfato.

- Eliminación de nitratos

Se basa en dos procesos combinados de nitrificación y desnitrificación que conllevan una producción de fango en forma de biomasa fácilmente vertible.

c) Tratamiento Biológico:

Posterior a la precipitación y se produzcan lechos oxidantes o sistemas aeróbicos, se usa un biogestor anaeróbico y humedales artificiales donde se utiliza materia orgánica biodegradable de las aguas residuales, como nutrientes de una población bacteriana, a la cual se le proporciona condiciones controladas, para así poder controlar la presencia de contaminantes. La liberación al medio efluente, con o sin desinfección, está regido por la ley 19.300, decreto 90 que establece norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados alas descargar de residuos líquidos a aguas marinas y continentales superficiales.

2.5.4 "Diseño Medio Ambiental", referido a la calidad del Agua, donde se indica la Norma Chilena NCh 1333/78: Calidad del Agua para Riego.

La Norma Chile 1333, la veremos en el apéndice.

Elemento	Unidad	Límite Máximo
Aluminio (Al)	mg/l	5,00
Arsénico (As)	mg/l	0,10
Bario (Ba)	mg/l	4,00
Berilio (Be)	mg/l	0,10
Boro (B)	mg/l	0,75
Cadmio (Cd)	mg/l	0,01
Cianuro (CN)	mg/l	0,20
Cloruro (Cl)	mg/l	200,00
Cobalto (Co)	mg/l	0,05
Cobre (Cu)	mg/l	0,20
Cromo (Cr)	mg/l	0,10
Fluoruro (F)	mg/l	1,00
Hierro (Fe)	mg/l	5,00
Litio (Li)	mg/l	2,50
Litio (cítricos) (Li)	mg/l	0,075
Manganeso (Mn)	mg/l	0,20
Mercurio (Hg)	mg/l	0,001
Molibdeno (Mo)	mg/l	0,010
Níquel (Ni)	mg/l	0,20
Plata (Ag)	mg/l	0,20
Plomo (Pb)	mg/l	5,00
Selenio (Se)	mg/l	0,020
Sodio porcentual (Na)	%	35,00
Sulfato (SO ₄)	mg/l	250,00
Vanadio (V)	mg/l	0,10
Zinc (Zn)	mg/l	2,00

Tabla 2-4 Concentraciones Máximas de Elementos Químicos en Agua para Riego

**CAPITULO 3: DISEÑO, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
COLECTORES SOLARES Y PLANTA DE TRATAMIENTO.**

3.1 Diseño de sistema de colectores.

El principio de funcionamiento de los colectores, fue discutido en el capítulo anterior, por lo tanto en este capítulo, solo estudiaremos el diseño de los captadores.

Como en las instalaciones para duchas necesitaremos un temperatura máxima de 70 °C, la elección del colector será un de baja temperatura y del tipo plano protegido. En el capítulo posterior discutiremos sobre la relación precios, costos y retorno, del colector seleccionado.

La radiación solar atraviesa la protección o cubierta del colector y calienta la superficie de absorción. Esta a su vez entrega calor al fluido, que en este caso determinado será agua, a través del intercambiador de calor y que irá directamente al termo Ursus Trotter.

La superficie absorbe la radiación solar en el rango de infrarrojo y a su vez el vidrio es opaco en ese rango, por lo tanto no hay pérdidas por transmisividad del vidrio, las perdidas existentes son por convección del aire acumulado entre la cubierta del colector y su misma superficie de absorción.

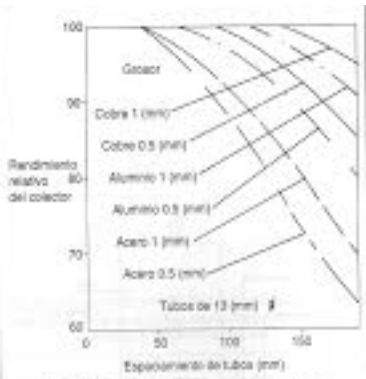
El aislamiento térmico con la superficie de absorción debe resistir sobre los 100 °C, y por lo general se usa lana de vidrio o mineral como aislante térmico. En el resto del colector para que las pérdidas sean mínimas, generalmente se usa poliestireno por sus bajos costos. Ambos materiales deben tener una conductancia cercana a:

$$0.25 \frac{\text{BTU}}{\text{hr ft}^2\text{°F}} = 0.4327 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

por cada 2.5 (cm) de grosor.

Respecto a la cubierta, actualmente el único material confiable es aún el vidrio. Se ha tratado de usar materiales plásticos, pero el deterioro provocado por las condiciones climáticas afecta negativamente en la transmisividad. Se comenzaron a experimentar por sus bajos costos, en comparación con el vidrio.

Figura 3.1 Grafico de influencia del material y grosor de la superficie de absorción.



Fuente: Energía Solar, Aplicaciones e Ingeniería. Pedro Sarmiento.

En la figura 3.1 se puede observar la influencia de la superficie de absorción. El grafico se muestra que el material de mejor absorción y con mayor grosor, es el cobre.

La distancia entre tubos igual juega un papel preponderante en la absorbencia. Se puede observar que una placa más gruesa y con mayor espaciamiento entre tubo, obtiene el mismo rendimiento, que una placa más delgada con separaciones de tubos menores.

Se puede mejorar la superficie de absorción con tratamientos superficiales o con pinturas espaciales, pero de alto costo, para disminuir la emisividad de la superficie en infrarrojo.

Existen formas de construcción de tubos y superficies de absorción, entre las comunes se encuentran:

1. Tubos soldados a la superficie de absorción:

Los tubos están tocando, soldados a la placa absorbente para que el intercambio de energía sea lo más grande posible. Por los tubos circula el líquido que se calentará e irá hacia el tanque de acumulación.

2. Tubos integral a la superficie de absorción:

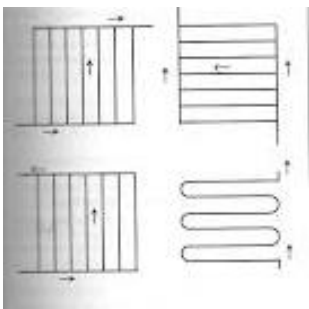
En este diseño, los tubos están formados e integrados en la misma placa de absorción.

3. Placa laminada y soldada.

La conformación de este tipo de tubos, se entiende por dos placas soldadas, pero una de ellas, tiene un conformado, para así permitir el flujo de agua, entre la placa de absorción y la laminada.

Se pueden diseñar diversos tipos de flujos a través de los colectores como se aprecia en la figura 3.2.

Figura 3.2. Distribución común de flujo a través de colectores.



Fuente: Energía Solar, Aplicaciones e Ingeniería. Pedro Sarmiento.

Podemos agregar que se pueden conectar los colectores de diversas formas, las cuales pasaremos a nombrar y explicar a continuación.

1. En serie:

Podemos decir que en este tipo de conexiones en serie, significarán altas caídas de presión, bajo caudal, pero altas temperaturas a las salidas de los colectores.

2. En paralelo:

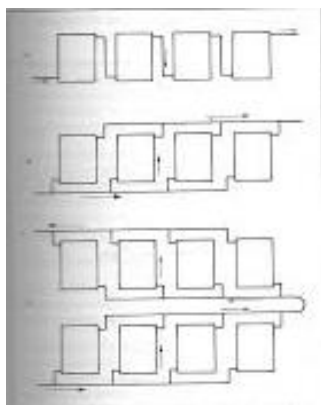
Para colectores conectados en paralelos, en cambio, implicará mayor caudal de la bomba, menores caídas de presiones, y por último las temperaturas alcanzadas en la salida serán menores.

3. En serie-paralelo:

Es la combinación de ambos sistemas, donde tanto la caída de presión, caudal y temperatura, se ven estabilizadas por ambos sistemas.

En la figura 3.3, logramos ver esquemáticamente como se pueden conectar diversos colectores.

Figura 3.3. conexiones de colectores: a) serie; b) paralelo; c) serie-paralelo.



Fuente: Energía Solar, Aplicaciones e Ingeniería. Pedro Sarmiento.

3.2 Distribución de presión y temperatura en colectores y estanques.

Si analizamos los flujos tanto de entrada como de salida, y representamos la variación de presión a través del mismo, lograremos deducir su comportamiento, que nos indicara flujos mayores a través de los mismos tubos exteriores. A su vez si la diferencia de presión es baja entre los extremos del tubo central del colector, se puede producir una caída de presión tan grande, que no habría flujo en ese tubo.

Para que lo anterior no ocurra, es necesario diseñar los tubos centrales con un mayor diámetro, para así obtener un flujo conveniente a través de ellos.

Para entender la distribución de temperatura a través de la superficie del colector. La temperatura más alta se alcanza en la mitad de la distancia de separación de los tubos, y la menor temperatura se alcanza en la periferia del tubo, según las pérdidas que se produzcan por la convección.

La distribución de temperatura en el estanque permanece estratificada si el agua del colector llega por la parte superior y el que va al colector se descarga por la base.

3.3 Criterios para el diseño de los sistemas.

1. Caudal:

Un caudal alto significará baja temperatura de descarga y por lo tanto mayor rendimiento. Sin embargo se puede entender que esto último debe tener un límite práctico, pues altos caudales significarán también mayor potencia y costo de la bomba. Para diseñar tomaremos valores de 0,9 (lt/min m²), salvo que el fabricante especifique otro diferente.

2. Estanque:

El aislante de poliestireno, debe tener un grosor de 15 a 20 (cm). Los materiales pueden ser aceros inoxidable, materiales galvanizados, plásticos, concreto y de asbesto-cemento. En estos últimos dos casos deben tomarse las precauciones para que el estanque permanezca completamente aislado del medio.

El volumen del estanque no dependerá de la ubicación, demanda o insolación. Si el fluido es reducido, la temperatura del fluido en el colector será alta, las pérdidas mayores y habrá poco tiempo de suministro.

Si el volumen es grande, la temperatura será baja, pero las pérdidas serán menores, en comparación a un fluido reducido, pero no se usará toda la capacidad y el costo de la inversión será alto.

La experiencia empírica ha demostrado que óptimo volumen para un estanque, con agua, será de 70 (lt/m²).

3.4 Criterios para seleccionar el área del colector.

Consideraciones:

- a) Rara vez los sistemas son diseñados para cubrir totalmente la exigencias, generalmente se diseña un sistema que combinado con la instalación original, signifique una reducción de los costos la energía.
- b) La energía entregada por el sistema de colectores, puede variar rápidamente en períodos cortos, por lo que una predicción del comportamiento se puede hacer con exactitud, si los cálculos se basan en antecedentes anuales hora por hora que sólo pueden ser manipulados por computadoras.
- c) Se pueden usar métodos aproximados para la selección de área, con cálculos mensuales y con exactitud más que suficiente para la ingeniería.

A continuación se explicará el método que usaremos para calcular la energía requerida para cumplir con las exigencias de los usuarios, con el fin de alcanzar la temperatura deseada.

Usaremos la Hoja de Trabajo N°1, que se encuentra en el Capítulo 2.

Como el consumo máximo de kilojoule en el sistema de duchas, con el máximo de requerimiento de caudal, durante un día determinado en la tabla 1-1, expuesta en el capítulo 1, es de 1.296 litro al día, y este arroja un consumo el kJ al día, de 298.064,45.

Cruzando esta información con la tabla 1-1, y con el menor valor de kJ entregados por el sol, que se observa en el mes de Junio, con un aporte de 16.900 kJ/m²-día. Al dividir el valor de consumo máximo diario requerido, por el menor aporte solar, nos arroja el siguiente resultado.

$$\text{Metro cuadrados requeridos} = \frac{298064,45 \text{ kJ}}{16900 \text{ kJ/m}^2\text{día}}$$

$$= \mathbf{17,64 \text{ m}^2}$$

Con este resultado podemos concluir los metros cuadrado requeridos, para cumplir con las exigencias del sistema de duchas del edificio R y con lo necesario para construir los colectores solares, y posteriores cálculos exigidos.

3.5 Diseño y construcción del colector solar.

3.5.1 Estructura de soporte del colector:

La estructura del colector solar es generalmente fabricada de aluminio, acero o madera. Para este estudio se diseña a partir de acero inoxidable, principalmente por la accesibilidad de compra y por su alta resistencia a golpes y choques, sin dejar de lado su poder para resistir inclemencias del clima como la corrosión, según pueden durar hasta 30 años. Se requieren perfiles tipo U para facilitar el montaje o desmontaje cuando sea requerido. Se utiliza un sellador de silicona entre las juntas del soporte y los otros componentes. Como el colector estándar es de 2m², se requieren 6 metros de perfil de tipo u de acero inoxidable de medidas 0,85mm de espesor, 10 cm de ancho y aletas de 5 cm.

3.5.2 Cubierta:

El material debe poseer una gran transmisibilidad, el material más usado para la placa cubierta es el vidrio, a su vez es el material que requiere más cuidados por su fácil fractura y poca resistencia a golpes. También se utilizar una cobertura hecha de policarbonato transparente, con transmisibilidad del orden del 90%, su alta resistencia a golpes y su alta tolerancia a temperaturas sobre 130°C. Además, el policarbonato es flexible y ligero, y su relación precio calidad, lo hace un material bien evaluado. Se requiere una lámina de policarbonato de 1x2 m.

3.5.3 Placa absorbente del colector:

La placa absorbente es el material que permite la absorción de la radiación y transformación de radiación en calor, calentando el aire para los usos requeridos. Esta placa absorbente se compone de viruta metálica como absorbente adherido a una lámina de preferentemente madera, para que el cambio o elevación de temperatura no sea brusca y queme el material aislante. La elección de la viruta metálica radica en su bajo precio, además de sus cualidades térmicas favorables para la conducción de calor.

3.5.4 Aislante:

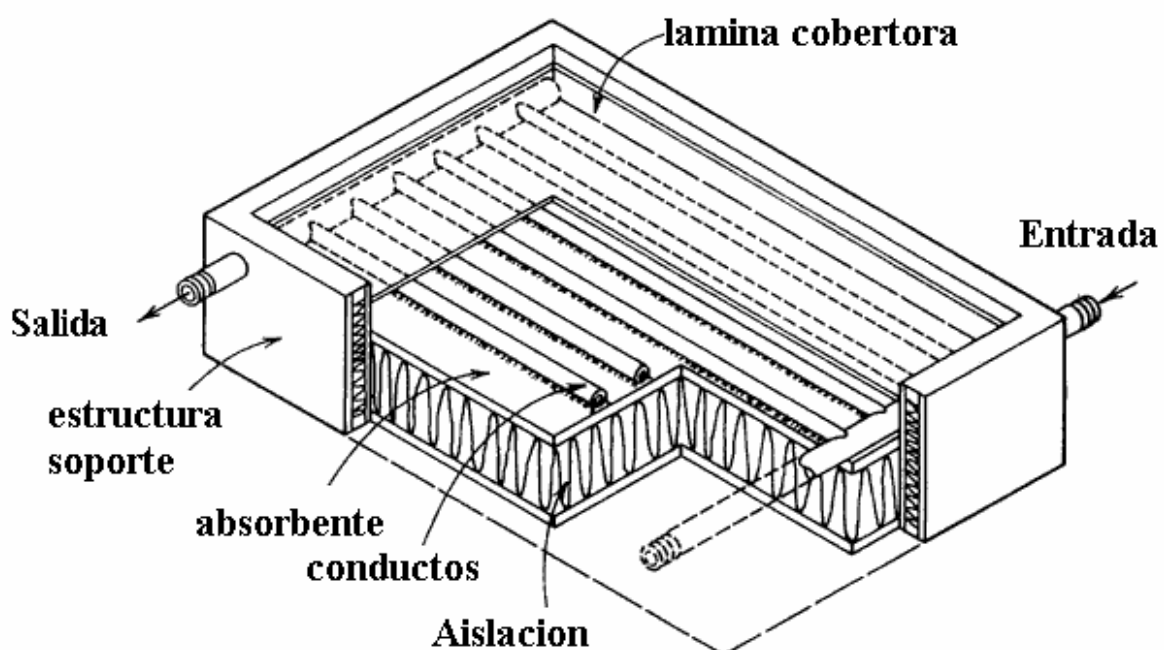
El material más económico y accesible es el poliestireno, cuya marca comercial es el plumavit. Una de las desventajas de este material es su fácil combustión, aunque existen retardante de incineración, sin embargo, se agrega a la placa absorbente una lámina de masisa, preferentemente, para frenar el calentamiento brusco del aislante, y evitar su degradación rápida.

3.5.5 Boquillas de polietileno:

Para inyectar o extraer el aire, se utilizan mangas de polietileno transparente. Para mantener una buena circulación del aire desde el extractor-inyector, y evitar las perdidas por carga, las mangas de polietileno se modifican para instalarlas a la entrada y salida del marco del colector.

En la figura 3.2, podemos observar las partes anteriormente mencionadas y especificadas, como también la construcción de un colector solar simple y convencional. Estos colectores son planos pueden alcanzar temperatura hasta 80 °C, con lo que cumplen con los requerimientos del sistema.

Figura 3.4 típica composición y distribución de una colector solar.



Fuente: Típica composición y distribución del colector solar.

Tesis, "diseño, construcción y caracterización de un colector solar plano de aire".

Como usaremos un colector solar plano, convencionales de 2 m², y nuestro requisito de metros cuadrados para cumplir con el caudal calentado, es de 17,46 m², redondearemos en 19 m², esto nos da como resultado que necesitaremos instalar 9 colectores solares, en el techo del edificio R.

3.6 Diseño de planta tratamiento de aguas servidas (PTAS).

3.6.1 Requerimientos Generales de Diseño.

El suministro de las PTAS deberá ser del tipo modular ampliable.

Tanto en sus partes principales como en las auxiliares y accesorios, el diseño de las PTAS deben asegurar un funcionamiento correcto, eficiente de fácil control y regulación, simplificación en el montaje y mantenimiento, y satisfacer todas las exigencias funcionales según la demanda proyectada.

Las PTAS deberán ser diseñadas y fabricadas para operar con una vida útil de 20 años. En caso de considerar construcciones en estructuras metálicas éstas deberán estar debidamente protegidas contra las inclemencias climáticas.

El diseño de las PTAS deberá considerar específicamente el cumplimiento de la legislación chilena para la calidad de efluentes según lo establecido en Decretos Supremos y según regulaciones del Ministerio de Salud de Chile.

El diseño deberá dar cumplimiento además a lo indicado en la normativa chilena con relación a posibles impactos ambientales, considerando elementos o instalaciones necesarias que permitan la operación de los equipos, sin sobrepasar los niveles permitidos y recomendados de ruido y olores.

Todos los equipos y materiales a emplear en las PTAS, deberán ser nuevos, de calidad y que cumplan su objetivo en el largo plazo, con un mínimo de requerimiento de mantenimiento. En esta línea, los equipos deberán ser de Fabricantes y/o Proveedores reconocidos por su calidad y de probada experiencia en instalaciones de equivalentes características.

En el diseño de las PTAS se deberá considerar el máximo de subsistemas pre-ensamblados en fábrica y componentes pre-fabricados con el fin de minimizar los tiempos de construcción y montaje en terreno.

El Proveedor y/o Fabricante deberá incluir en el equipamiento, de acuerdo a la capacidad de la PTAS, un estanque ecualizador para amortiguar los pulsos del agua afluente, si es requerido.

3.6.2 Diseño Medio Ambiental

Los residuos líquidos generados por la PTAS, deberá cumplir con lo establecidos en la normativa NCh 1333/78, sobre requisitos de calidad del agua para diferentes usos, donde fija criterio de calidad del agua de acuerdo a requerimientos científicos, referidos a aspectos físicos, químicos y biológicos, según el uso determinado. El proyecto considera utilizar las aguas provenientes de la PTAS para el riego cancha de fútbol y áreas verde, por lo cual ésta deberá cumplir con los requisitos de calidad de agua establecidos dentro de la tabla siguiente que indica las concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego.

3.6.3 Diseño de Procesos

El diseño de procesos comprenderá el dimensionamiento de los equipos e instalaciones (tales como volúmenes de estanques, áreas de sedimentación, áreas de espesamiento, etc.) y del equipamiento requerido para su correcta operación. Se deberá incluir en el diseño cada PTAS un muestreador que permita obtener muestras del efluente (agua servida tratada) para el análisis de su calidad (medición de DBO5, coliformes fecales, sólidos suspendidos totales, pH, entre otras).

3.6.4 Diseño Hidráulico

El diseño hidráulico de la PTAS comprenderá la definición, a nivel de detalle, de todas las interconexiones hidráulicas entre los procesos constitutivos del tratamiento. Se incluirá el perfil hidráulico para las líneas de líquidos y de lodos, para distintas condiciones de operación.

Las interconexiones hidráulicas estarán constituidas de preferencia por cañerías de HDPE, tuberías de PVC, o acero carbono, o acero inoxidable y piezas especiales de acero, fierro fundido, HDPE o PVC, según corresponda.

3.6.5 Diseño Mecánico

Cubiertas y protecciones deberán ser consideradas sólo cuando se requiera proteger el equipo de contaminación externa o en el caso de que el proceso interno del equipo en operación, pueda contaminar el ambiente al exterior de éste.

Los acoplamientos para equipos de accionamiento directo y para equipos suministrados con reductores de velocidad serán del tipo grilla de acero flexible. Los acoplamientos serán seleccionados para absorber los desalineamientos angulares y los desplazamientos transversales del extremo del eje.

Niveles de vibración en el funcionamiento de los equipos, principalmente bombas y sopladores, deberán estar bajo los límites máximos permisibles.

Los rodamientos de los equipos rotatorios deberán ser seleccionados para servicio liviano, y deberán ser de bolas o rodillos esféricos, de acuerdo con la última revisión de los estándares de la SKF, la caja de rodamientos será dotada de tapas de sello a prueba de polvo o líquidos.

Las partes metálicas expuestas a oxidación, debido a las condiciones ambientales y de operación, deberán ser protegidas mediante un adecuado esquema anticorrosivo o usando en su diseño materiales resistentes a la corrosión (fibra de vidrio, materiales termoplásticos, aceros inoxidables). Los esquemas de pintura y su adecuado sistema de preparación superficial en estructuras metálicas de acero carbono podrán ser de acuerdo a los estándares del Proveedor y/o Fabricante.

Algunos aspectos a tener en cuenta en los diversos equipos que componen la PTAS, son los siguientes:

- Estanques principales en estructura metálica o FRP.
- Para equipamiento principal deberá suministrarse tanto equipos como componentes sólo de marcas y procedencias conocidas.

El diseño deberá considerar el criterio de estandarización de los equipos para minimizar el inventario de repuestos en bodegas y almacenes.

El Proveedor y/o Fabricante deberá considerar e incluir en el diseño de las instalaciones y equipos todos los elementos de seguridad necesarios para una operación segura.

Espacios libres alrededor de las PTAS y de los equipos mecánicos comprometidos con la instalación deberán ser considerados para asegurar la inexistencia de interferencias con otros equipos, así como también el espacio adecuado para la correcta, instalación inspección, operación, evacuación, lubricación, mantenimiento, extracción y reemplazo de componentes según sea requerido.

Otras implementaciones desde el punto de vista de seguridad que se deberán tener en cuenta son:

- Plataformas para operación y/o mantenimiento.
- Pisos antideslizantes en pasarelas si existieran.
- Barandas metálicas en las pasarelas y protecciones en escaleras.
- Interruptores para desconexión de emergencia.
- Luz de emergencia en caso de corte de energía.

3.6.6. Diseño y Requerimientos Eléctricos.

En la PTAS se usa principalmente, motores eléctricos, variadores de frecuencias e instrumentación y control, pero en esta PTAS como no es de uso industrial, por el bajo nivel de DBO y los pocos sólidos, no usaremos sistema de instrumentación complejos.

Esta PTAS se conectará a un sistema eléctrico de las siguientes características principales:

- Tensión de suministro : 230 V, 3 Fases (Baja Tensión)
- Frecuencia : 50 Hz
- Neutro : Conectado a tierra
- Nivel de Cortocircuito : 0.75 kA

3.6.6.1 Motores Eléctricos.

La operación será continua a la temperatura ambiente y a la altitud del lugar.

La potencia de los motores debe seleccionarse entre los valores normalizados para los equipos eléctricos, para el voltaje existente en la planta y la frecuencia eléctrica disponible.

Motores de baja tensión (230 V)

- TEFC
- Aislación clase F
- Aumento de temperatura clase B
- Factor de servicio 1.15
- Operación a 500 m.s.n.m.

3.6.6.2 Variadores de Frecuencia.

Cuando sea aplicable el empleo de variadores de frecuencia (VDF), estos serán del tipo "Clean Power"¹ con filtros de armónicas si es requerido. Los variadores utilizados deberán cumplir con la edición más reciente de la norma IEEE 519-1992², "Recommended Practices and Requirements For Harmonic Control in Electrical Power Systems"

Todos los variadores de frecuencia serán suministrados completos con transformador de aislamiento de entrada si es requerido, desconectador de entrada bloqueable (o interruptor), convertidor, inversor, relé de pérdida de campo, y equipo de control adecuado a los requerimientos del equipo que está accionando.

3.6.6.3 Control de Motores.

El diseño eléctrico de la PTAS deberá considerar, si se requiere, un centro de control de motores (CCM), panel de fuerza, alumbrado, control y comando de todas las cargas eléctricas de éstas.

El panel de control deberá incluir a lo menos los siguientes ítems:

- Botones de comando Partir – Parar, en la puerta del panel.
- Luces piloto de señalización de estado (tipo led de alta duración).

Separadamente, el panel deberá considerar a lo menos 2 circuitos, para alumbrado de las PTAS y para enchufes de servicio (380/220 VAC).

El panel deberá ser construido para instalación al ambiente, según estándar NEMA 4X³.

El control de motores será en 120 V.C.A., 50 Hz. Esta tensión debe obtenerse a través de un transformador de control 400/120 V, instalando un transformador de control por cada motor; este transformador de control forma parte de cada partidor.

Los partidores de motores deberán ser diseño NEMA.

¹ Clean Power es un filtro inductivo-capacitivo que tiene el variador de frecuencia que evita enviar armónicos al sistema (devolver señal contaminada al sistema). Esto es bueno porque la legislación exige que los sistemas no entreguen señales contaminadas al sistema. Aplica multas a sistemas con FP inferior a 0.83.

²La norma más utilizada en Chile es la IEEE 519 1992, por la que se rigen la mayoría de los nuevos proyectos en Chile.

Finalmente la planta de tratamiento de aguas para jabonosas, y posterior uso de esas aguas tratadas en riego, en este caso para específico para el riego de la cancha de fútbol, es una de la empresa SOECOL, de tipo tratamiento de aguas servidas domiciliarias de grandes capacidades, en este caso un caudal de 240 l/min.

El modelo de la PTAS será, el:

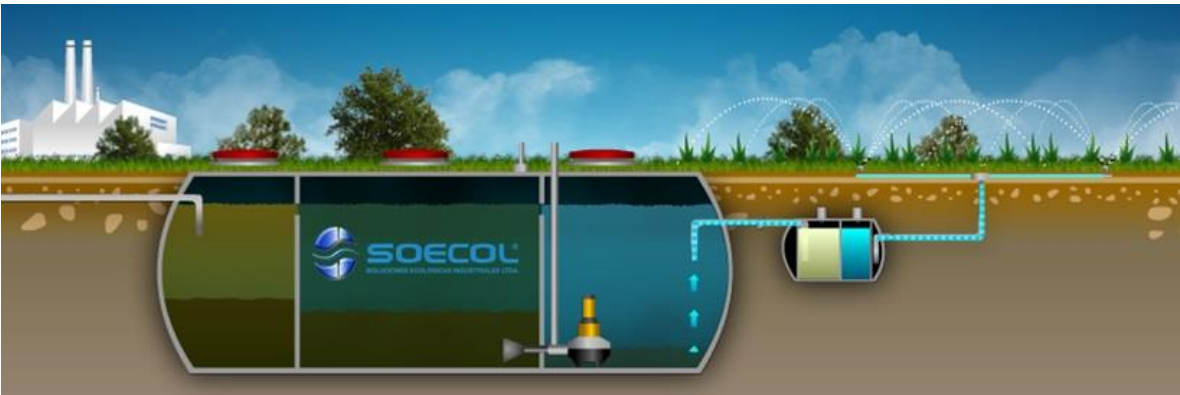
PLANTA AUTOMATICA POTABILIZADORA DE AGUA DE POZO MODELO: SOECOL PPAP-SOE-11.000L/D

Figura 3.5 Sistema de tratamiento de aguas grises.



Fuente: Empresa SOECOL

Figura 3.6 Sistema de tratamiento de aguas grises, esquema sumergido.



Fuente: Empresa SOECOL.

³ National Electrical Manufacturers Association

3.7 Cálculos de cañerías y bombas.

A continuación calcularemos todo lo respecto a cañerías para el sistema de colectores solares y de la planta de tratamiento. Donde nos basaremos en los planos 3,1; 3,2 y 3,3 del edificio R, que nos facilitó el departamento de Desarrollo Institucional de la Universidad, y se encuentran las páginas 38, 39 y 40 respectivamente.

$$Q = 240 \frac{Lt}{min} \times \frac{1 m^3}{1000 Lt} \times \frac{1 min}{60 s} = 0,004 \frac{m^3}{s}$$

Tuberías de PVC industrial: (Diámetro según ASTM D1786) [Sch 40]

Condición del Fluido:

- 1) Ø Ext. Nominal = 60,3 [mm] (2"); Espesor 3,9 [mm] → Ø Int: 52,5 [mm] → 0,0525[m]

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad A = 0,002164 \text{ [m}^2\text{]}$$

Caudal : $0,004 \frac{m^3}{s}$

Velocidad: (V=Q/A)

$$V = 1,848 \text{ [m/s]}$$

Perdidas de carga(hl):

$$Re = \frac{VxD}{\nu} \quad \nu = 1,003 \times 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$Re = \frac{1,848 \times 0,0525}{1,003 \times 10^{-6}} = 96752,25 \rightarrow \text{Turbulento}$$

Factor de Fricción:

$$f = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} = 0,017917$$

$$L = 37,77 \text{ [m]}$$

$$hl = \frac{f L V^2}{2 D g} = \frac{0,017917 \times 37,77 \times 1,848^2}{2 \times 0,0525 \times 9,81} = \frac{2,31108}{1,03005} = 2,2436 \text{ [mca]}$$

Perdidas por Fitting (hx):

$$k(T) = 1,8 \times 3 = 5,4 \quad k(L) = 0,9 \times 2 = 1,8$$

$$k(\text{reducciones}) = 0,5 \times 3 = 1,5$$

$$K_t = 8,7$$

$$hx = k \left(\frac{V^2}{2g} \right) = 8,7 \times \frac{1,848^2}{19,62} = 1,5143 \text{ [mca]}$$

$$\text{Total de perdidas} = hl + hx = 2,2436 + 1,5143 = 3,7579 \text{ [mca]}$$

La presión del sistema de presión de la red es de 15 psi, lo que en metros columna de agua equivale a 10,55 mca. Por lo tanto la suma de la columna estática sería la suma de la presión inicial del sistema de red, más la Hgeo, que es igual a 25,94 metros de altura.

$$C.E. = 25,94 + 10,55 = 36,49 \text{ [mca]}$$

$$C.D. = 2,2436 + 1,5143 = 3,7579 \text{ [mca]}$$

Presión y caudal total:

$$P_t = 40,2479 \text{ [mca]}$$

$$Q_t = 0,004 \frac{m^3}{s} = 14,4 \frac{m^3}{H}$$

El sistema de bombas, que se encuentra en el edificio R, que se aprecia en el plano 3.2 (pag. 39), que se encuentra en el diseño original de la construcción, proporciona los suficiente metros de columna de aguas, para alcanzar a transportar el fluido hasta los colectores solares que se encuentran en el techo del edificio.

3.8 Cálculos de cañerías para las PTAS.

$$Q = 240 \frac{Lt}{min} \times \frac{1 m^3}{1000 Lt} \times \frac{1 min}{60 s} = 0,004 \frac{m^3}{s}$$

Tuberías de PVC industrial: (Diámetro según ASTM D1786) [Sch 40]

Condición del Fluido:

$$1) \text{ Ø Ext. Nominal} = 89,9 \text{ [mm]} (2''); \text{ Espesor } 5,49 \text{ [mm]} \rightarrow \text{ Ø Int: } 78,92 \text{ [mm]} \rightarrow 0,07892 \text{ [m]}$$

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4} \quad A = 0,004891 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Caudal: } 0,004 \frac{m^3}{s}$$

Velocidad: ($V=Q/A$)

$$V = 0,8177 \text{ [m/s]}$$

Perdidas de carga(hl):

$$Re = \frac{VxD}{\nu} \quad \nu = 1,003 \times 10^{-6} \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

$$Re = \frac{0,8177 \times 0,07892}{1,003 \times 10^{-6}} = 64339,864 \rightarrow \text{Turbulento}$$

Factor de Fricción:

$$f = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} = 0,019841$$

$$L = 37,77 \text{ [m]}$$

$$hl = \frac{f L V^2}{2 D g} = \frac{0,019841 \times 137,88 \times 0,8177^2}{2 \times 0,07892 \times 9,81} = \frac{1,82916}{1,548} = 1,1813 \text{ [mca]}$$

Perdidas por Fitting (hx):

$$k(F) = 1,8 \times 15 = 27 \quad k(L) = 0,9 \times 18 = 16,2$$

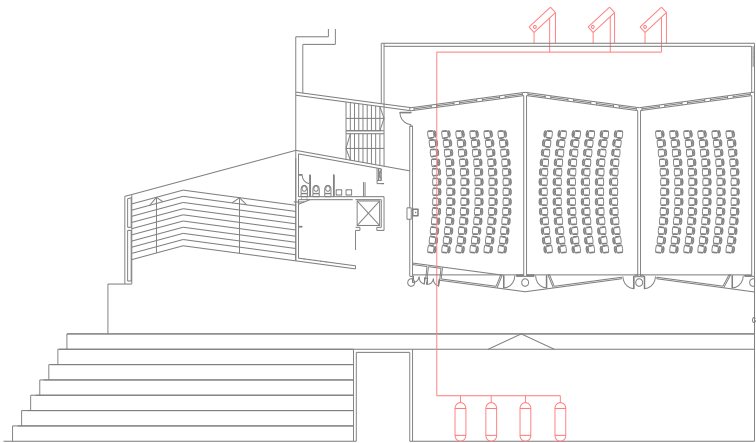
$$k(\text{reducciones}) = 0,5 \times 2 = 1,0$$

$$K_t = 8,7$$

$$hx = k \left(\frac{V^2}{2g} \right) = 44,2 \times \frac{0,8177^2}{19,62} = 1,50629 \text{ [mca]}$$

$$\text{Total de pérdidas en PTAS} = hl + hx = 1,1813 \text{ [mca]} + 1,1813 \text{ [mca]} = 2,6876 \text{ [mca]}$$

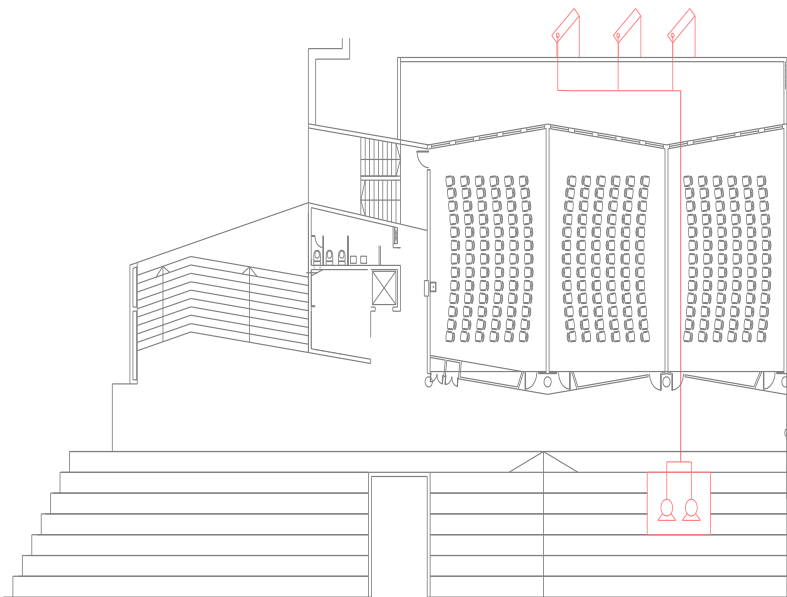
Plano 3.1 Vista Frontal, edificio R



Fuente: Desarrollo institucional, UTFSM

Vista frontal donde se observa en el techo del edificio R, los colectores solares, en el subterráneo se logran apreciar los termos Ursus Trotter, donde se encuentran ubicadas las duchas. Por último, se observan las cañerías que conectan los colectores con los termos.

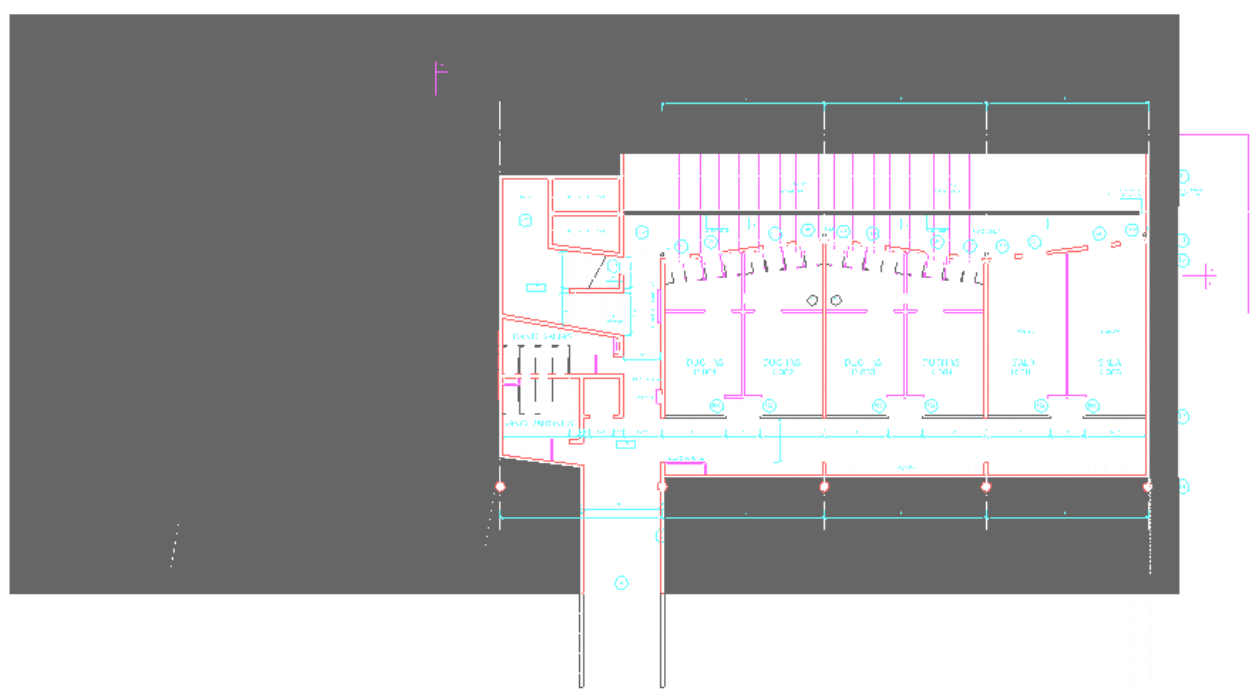
Plano 3.2 Vista Frontal, edificio R



Fuente: Desarrollo institucional, UTFSM.

En esta vista frontal se logra advertir, la conexión entre los colectores solares y las bombas, que son parte del sistema de bombeo del edificio.

Plano 3.3 Vista Superior del edificio R



Fuente: Desarrollo institucional, UTFSM

En el plano 3.3, que es la vista superior del edificio R, está en corte, con esto logramos observar la disposición de las duchas.

CAPITULO 4: PRE-FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

4.1 Costos.

4.1.1 Costo de los colectores solares.

Tabla 4-1

	Cantidad	Valor	Sub-Total
Colectores	9	\$ 331.118	\$ 2.980.062
Instalación y mano de obra	9	\$ 731.118	\$ 6.580.062
Total			\$ 9.560.124

Fuente: Colectores Solares Chile, <http://www.panelessolares-chile.cl/paneles-solares/colector-solar-de-agua-no-presurizado>

4.1.2. Costos de PTAS.

Los costos implicados dentro de la inversión inicial incluye la planta de tratamiento, instalación y mano de obra.

Tabla 4-2

	Cantidad	Valor
PTAS	1	\$ 32.508.000,00

Fuente <http://www.soecol.cl/plantas-aguas-servidas/planta-agua-servidas-hogar/>

Los costos implicados en la remoción de lodos activos.

Tabla 4-3

	Costo Anual
Remoción de lodos	\$1.083.600

Fuente: <http://www.soecol.cl/servicios/division-de-riles/>

4.1.3 Costos en tuberías y fitting.

Tabla 4-4

	Cantidad	Valor	Sub-Total
Cañería de cobre 2"	10	103.990	\$ 1.039.900,00
Cañería de PVC 2"	7	10.983	\$ 76.881,00
Cañería de PVC 3"	23	20.490	\$ 471.270,00
TOTAL			\$ 1.588.051,00

Fuente: <http://www.sodimac.cl/>

Tabla 4-5

	Cantidad	Valor	Sub-Total
T de cobre 2"	3	12.190	\$ 36.570,00
codo 90° cobre 2"	2	9.190	\$ 18.380,00
T de PVC 2"	5	2.390	\$ 11.950,00
codo 90° PVC 2"	4	1.729	\$ 6.916,00
T de PVC 3"	18	1.823	\$ 32.814,00
codo 90° PCV 3"	15	1.789	\$ 26.835,00
reducción 3"	2	1.890	\$ 3.780,00
TOTAL			\$ 137.245,00

Fuente: <http://www.sodimac.cl/>

La Válvula de Bola soldable, Diámetro 2", Presión 300 WOG, Cuerpo ASTM 37700, Bola Cobre niquelado, se instalara en la red de cobre, por donde circulara el agua calentada por los colectores solares instalados en el techo.

Tabla 4-6

	Cantidad	Valor	Total
Válvula de bola	1	13.490	\$ 13.490,00

Fuente: <http://www.sodimac.cl/>

4.1.4 Inversión Total.

Total	\$ 43.806.910,00
-------	------------------

4.2 Pre-Factibilidad del Proyecto.

4.2.1 Préstamo.

Pediremos un préstamo para pagar la inversión inicial de \$43.806.910,00, en el sistema bancario nacional, con una tasa de interés del 2,3% mensual, y por razones de cálculo, pagaremos el préstamo en 48 meses.

Tabla 4-7 Cálculo de la mensualidad de amortización de préstamo

mes	interés	Cuota	amortización	capital pendiente
0				\$43.806.910,00
1	\$989.160,03	\$1.516.755,00	\$527.594,97	\$43.279.315,03
2	\$995.424,25	\$1.516.755,00	\$521.330,75	\$42.757.984,27
3	\$983.433,64	\$1.516.755,00	\$533.321,36	\$42.224.662,91
4	\$971.167,25	\$1.516.755,00	\$545.587,75	\$41.679.075,16
5	\$958.618,73	\$1.516.755,00	\$558.136,27	\$41.120.938,89
6	\$945.781,59	\$1.516.755,00	\$570.973,41	\$40.549.965,48
7	\$932.649,21	\$1.516.755,00	\$584.105,79	\$39.965.859,69
8	\$919.214,77	\$1.516.755,00	\$597.540,23	\$39.368.319,46
9	\$905.471,35	\$1.516.755,00	\$611.283,65	\$38.757.035,81
10	\$891.411,82	\$1.516.755,00	\$625.343,18	\$38.131.692,63
11	\$877.028,93	\$1.516.755,00	\$639.726,07	\$37.491.966,56
12	\$862.315,23	\$1.516.755,00	\$654.439,77	\$36.837.526,79
13	\$847.263,12	\$1.516.755,00	\$669.491,88	\$36.168.034,91
14	\$831.864,80	\$1.516.755,00	\$684.890,20	\$35.483.144,71
15	\$816.112,33	\$1.516.755,00	\$700.642,67	\$34.782.502,04
16	\$799.997,55	\$1.516.755,00	\$716.757,45	\$34.065.744,59
17	\$783.512,13	\$1.516.755,00	\$733.242,87	\$33.332.501,71
18	\$766.647,54	\$1.516.755,00	\$750.107,46	\$32.582.394,25
19	\$749.395,07	\$1.516.755,00	\$767.359,93	\$31.815.034,32
20	\$731.745,79	\$1.516.755,00	\$785.009,21	\$31.030.025,11
21	\$713.690,58	\$1.516.755,00	\$803.064,42	\$30.226.960,69
22	\$695.220,10	\$1.516.755,00	\$821.534,90	\$29.405.425,78
23	\$676.324,79	\$1.516.755,00	\$840.430,21	\$28.564.995,58
24	\$656.994,90	\$1.516.755,00	\$859.760,10	\$27.705.235,47
25	\$637.220,42	\$1.516.755,00	\$879.534,58	\$26.825.700,89
26	\$616.991,12	\$1.516.755,00	\$899.763,88	\$25.925.937,01
27	\$596.296,55	\$1.516.755,00	\$920.458,45	\$25.005.478,56
28	\$575.126,01	\$1.516.755,00	\$941.628,99	\$24.063.849,57
29	\$553.468,54	\$1.516.755,00	\$963.286,46	\$23.100.563,11
30	\$531.312,95	\$1.516.755,00	\$985.442,05	\$22.115.121,06
31	\$508.647,78	\$1.516.755,00	\$1.008.107,22	\$21.107.013,85
32	\$485.461,32	\$1.516.755,00	\$1.031.293,68	\$20.075.720,16
33	\$461.741,56	\$1.516.755,00	\$1.055.013,44	\$19.020.706,73
34	\$437.476,25	\$1.516.755,00	\$1.079.278,75	\$17.941.427,98
35	\$412.652,84	\$1.516.755,00	\$1.104.102,16	\$16.837.325,83
36	\$387.258,49	\$1.516.755,00	\$1.129.496,51	\$15.707.829,32
37	\$361.280,07	\$1.516.755,00	\$1.155.474,93	\$14.552.354,39
38	\$334.704,15	\$1.516.755,00	\$1.182.050,85	\$13.370.303,55
39	\$307.516,98	\$1.516.755,00	\$1.209.238,02	\$12.161.065,53
40	\$279.704,51	\$1.516.755,00	\$1.237.050,49	\$10.924.015,03
41	\$251.252,35	\$1.516.755,00	\$1.265.502,65	\$9.658.512,38
42	\$222.145,78	\$1.516.755,00	\$1.294.609,22	\$8.363.903,16
43	\$192.369,77	\$1.516.755,00	\$1.324.385,23	\$7.039.517,94
44	\$161.908,91	\$1.516.755,00	\$1.354.846,09	\$5.684.671,85
45	\$130.747,45	\$1.516.755,00	\$1.386.007,55	\$4.298.664,30
46	\$98.869,28	\$1.516.755,00	\$1.417.885,72	\$2.880.778,58
47	\$66.257,91	\$1.516.755,00	\$1.450.497,09	\$1.430.281,49
48	\$32.896,47	\$1.516.755,00	\$1.483.858,53	\$0,00

Fuente: memoria de cálculos

Como logramos observar en la tabla 4.7, la cuota quedo fijada en un monto mensual de \$1.516.755,00. Esta cuota entra en el flujo de que caja que analizaremos más adelante como egreso.

4.3 Depreciación.

Tanto la planta de tratamiento como los paneles solares serán depreciados a 20 años, según la tabla contable.

4.3.1 Depreciación de PTAS.

Tabla 4-8 Cálculo depreciación PTAS

Año	Cuota depreciación	Depreciación Acumulada	Valor libro
1	\$ 975.240,00	\$ 975.240,00	\$ 18.529.560,00
2	\$ 975.240,00	\$ 1.950.480,00	\$ 17.554.320,00
3	\$ 975.240,00	\$ 2.925.720,00	\$ 16.579.080,00
4	\$ 975.240,00	\$ 3.900.960,00	\$ 15.603.840,00
5	\$ 975.240,00	\$ 4.876.200,00	\$ 14.628.600,00
6	\$ 975.240,00	\$ 5.851.440,00	\$ 13.653.360,00
7	\$ 975.240,00	\$ 6.826.680,00	\$ 12.678.120,00
8	\$ 975.240,00	\$ 7.801.920,00	\$ 11.702.880,00
9	\$ 975.240,00	\$ 8.777.160,00	\$ 10.727.640,00
10	\$ 975.240,00	\$ 9.752.400,00	\$ 9.752.400,00
11	\$ 975.240,00	\$ 10.727.640,00	\$ 8.777.160,00
12	\$ 975.240,00	\$ 11.702.880,00	\$ 7.801.920,00
13	\$ 975.240,00	\$ 12.678.120,00	\$ 6.826.680,00
14	\$ 975.240,00	\$ 13.653.360,00	\$ 5.851.440,00
15	\$ 975.240,00	\$ 14.628.600,00	\$ 4.876.200,00
16	\$ 975.240,00	\$ 15.603.840,00	\$ 3.900.960,00
17	\$ 975.240,00	\$ 16.579.080,00	\$ 2.925.720,00
18	\$ 975.240,00	\$ 17.554.320,00	\$ 1.950.480,00
19	\$ 975.240,00	\$ 18.529.560,00	\$ 975.240,00
20	\$ 975.240,00	\$ 19.504.800,00	\$ 0,00

Fuente: memoria de cálculos

Ya que el valor de planta, es valor de \$ 32.508.000,00 descontando la instalación (montaje, pruebas y puesta en marcha) y la mano de obra, la depreciación mensual de la PTAS será de \$81.270,00, esto con el fin introducir este valor en la caja de flujo, con el fin de rebajar, impuesto.

Y por temas contables y de SII, el valor final de cualquier máquina, inmueble o componente, no puede valer cero (0), por lo tanto se asigna un valor \$1.

4.3.2. Depreciación Colectores Solares.

Tabla 4-9 Cálculo depreciación colectores solares

Año	Cuota depreciación	Depreciación Acumulada	Valor libro
1	\$ 149.003,00	\$ 149.003,00	\$ 2.831.059,00
2	\$ 149.003,00	\$ 298.006,00	\$ 2.682.056,00
3	\$ 149.003,00	\$ 447.009,00	\$ 2.533.053,00
4	\$ 149.003,00	\$ 596.012,00	\$ 2.384.050,00
5	\$ 149.003,00	\$ 745.015,00	\$ 2.235.047,00
6	\$ 149.003,00	\$ 894.018,00	\$ 2.086.044,00
7	\$ 149.003,00	\$ 1.043.021,00	\$ 1.937.041,00
8	\$ 149.003,00	\$ 1.192.024,00	\$ 1.788.038,00
9	\$ 149.003,00	\$ 1.341.027,00	\$ 1.639.035,00
10	\$ 149.003,00	\$ 1.490.030,00	\$ 1.490.032,00
11	\$ 149.003,00	\$ 1.639.033,00	\$ 1.341.029,00
12	\$ 149.003,00	\$ 1.788.036,00	\$ 1.192.026,00
13	\$ 149.003,00	\$ 1.937.039,00	\$ 1.043.023,00
14	\$ 149.003,00	\$ 2.086.042,00	\$ 894.020,00
15	\$ 149.003,00	\$ 2.235.045,00	\$ 745.017,00
16	\$ 149.003,00	\$ 2.384.048,00	\$ 596.014,00
17	\$ 149.003,00	\$ 2.533.051,00	\$ 447.011,00
18	\$ 149.003,00	\$ 2.682.054,00	\$ 298.008,00
19	\$149.003,00	\$ 2.831.057,00	\$ 149.005,00
20	\$149.003,00	\$ 2.980.060,00	\$ 2,00

Fuente: Memoria de cálculos

La depreciación, y siguiendo el mismo procedimiento anteriormente aplicado a la PTAS, quedara mensualmente en \$12.417,00.

4.4 Flujo de Caja

Tabla 4-10 Cálculo flujo de caja

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ingresos	43806910	0	0	8147631	8008355	6859330	7729804	2820333	8524836	9836350	7277158	7729804	1410166
		197197	182028	197197	197197	121352	75845	78470	121352	166859	197197	182028	212366
Egresos		1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755
Total	-43806910	-1319558	-1334727	6828073	6688797	5463927	6288894	1382048	7129433	8486454	5957600	6395077	105777

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	0	8147631	8008355	6859330	7729804	2820333	8524836	9836350	7277158	7729804	1410166
197.197	182028	197197	197197	121352	75845	78470	121352	166859	197197	182028	212366
1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755
-1319558	-1334727	6828073	6688797	5463927	6288894	1382048	7129433	8486454	5957600	6395077	105777

25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0	0	8147631	8008355	6859330	7729804	2820333	8524836	9836350	7277158	7729804	1410166
197.197	182028	197197	197197	121352	75845	78470	121352	166859	197197	182028	212366
1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755
-1319558	-1334727	6828073	6688797	5463927	6288894	1382048	7129433	8486454	5957600	6395077	105777

37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
0	0	8147631	8008355	6859330	7729804	2820333	8524836	9836350	7277158	7729804	1410166
197.197	182028	197197	197197	121352	75845	78470	121352	166859	197197	182028	212366
1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755	1516755
-1319558	-1334727	6828073	6688797	5463927	6288894	1382048	7129433	8486454	5957600	6395077	105777

VAN	\$4.516.991,15
TIR	9%

CONCLUSIÓN:

Al comienzo de este escrito, se evaluó el consumo en que incurre el uso de las duchas, en agua potable y electricidad específicamente, y también los costos que tiene el riego de la cancha de futbol, los gastos de los cargos fijos son despreciables para este estudio.

A continuación, se estudió e investigo principalmente las características de la energía solar, donde se logró comprender el comportamiento del sol durante el día y el todo el año, y en conjunto tanto la latitud donde se ubica la sede José Miguel Carrera. Estudiamos los tipos de colectores, por ultimo estudiamos el tratamiento de aguas servidas junto con la norma chilena para la descarga de RILES.

En el siguiente capítulo elegimos los colectores más convenientes para el sistema de calefacción solar que pretendemos instalar, que resultaron ser colectores solares planos, convencionales de 2 m², y la PTAS es un modelo SOECOL PPAP-SOE-11.000L/D, que la planta de tratamiento más óptima para poder reutilizar de las aguas jabonosas proveniente de las duchas, para utilizarlas en el riego de la cancha de futbol.

En el flujo de caja los llamados ingresos, es realmente el dinero no gastado por el sistema actual, es decir los kW consumidos por los termos Ursus Trotter, que se utiliza en calentar el agua para las duchas, también tomamos el dinero que no se paga por el consumo de agua de pozo, que se usa para el riego de la cancha de fútbol. Estos dos ítems son las entradas de dineros al proyecto.

Los gastos incurridos o egresos, solo serán tomados por el pago de la cuota del préstamo incurrido para financiar el proyecto, y además el mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas servidas, que es el retiro de los lodos.

No tomamos los gastos de agua y consumo eléctrico, ya que el análisis del flujo de cajas y del proyecto, es ver en cuanto retorna la inversión, es decir cuando el proyecto se paga solo, y el dinero que antes se usaba en pagar la electricidad y el agua de la red y la misma agua de pozo, lo ahorrado por el nuevo proyecto, es el capital que ingresa para pagar el proyecto expuesto en este trabajo de título.

No tomamos la depreciación de la instalación dentro del flujo de cajas, ya que es por un tema contable y tributario, y como las universidades en Chile, no pagan impuestos, es innecesario agregar estos ítems, como tampoco el tema de los impuestos y tampoco las Utilidades antes de impuestos.

El Valor Actual Neto (VAN) tiene un valor de \$4.516.991,15, que refleja el valor que tendrá el proyecto en el periodo de 4 años, y que la inversión se recuperara casi al final del pago del prestamo en bancario.

La tasa interna de retorno (TIR), al tener un 9% refleja que el proyecto es mediamente rentable, y los rendimientos futuros esperados de dicha inversión no son los más altos, esto se explica porque este tipo de proyecto, llamados de Energía Renovable No Convencional (ERNC), sirven como sistema de apoyo y ahorro, del sistema original, y no de reemplazo.

RECOMENDACIONES:

Luego de la conclusión se hace necesario realizar algunas recomendaciones con respecto al proyecto y a como se institución, en este caso la UTFSM, sede José Miguel Carrera, debe desarrollar una política de ir avanzando en la implementación de alternativas de eficiencia energética y de recursos, sobretodo en el contexto en que se encuentra Chile y el mundo, que busca cada vez más generar medidas para optimizar la demanda energética.

Este proyecto de generación de energía renovable no convencional, para calentar agua para las duchas que usan los alumnos de la universidad, mostro que su implementación reduce el costo de consumo eléctrico y con esto también ahorro de dinero a la institución.

Las PTAS que se instalaría en las dependencias del edificio R, que será parte de un solo sistema de eficiencia energética, de recursos y ahorro de agua a través de la reutilización de esta, al filtrar las aguas jabonosas. Como se expuso anteriormente este sistema de tratamiento de aguas, parte de ayudar a la ecología de la ciudad, país y planeta, contribuye al ahorro de recursos monetarios a la institución, y tienen mucha más capacidad para almacenar que el agua necesaria para regar la cancha de futbol, también se puede usar en jardines, esto ayuda a ahorrar un recurso escaso y vital para la sociedad, el Agua Potable, así su uso es para las personas. También podría implementarse en los urinarios y sanitarios, para evacuar los desechos.

Es necesario hoy tener una visión de eficiencia en el uso y aprovechamiento de los recursos, y este sistema de colectores solares y reutilización de aguas jabonosas, va en la línea correcta, y la Universidad siendo líder en Ciencias y Tecnologías, debería apuntar con mayor ímpetu que otras instituciones avancen hacia la eficiencia de los recursos, ya que cada vez se vuelven más escasos y no tenemos, como sociedad, conciencia de su cuidado.

Anexo 1:

La normativa aplicable está contenida en la Nch 1333 sobre Requisitos de calidad para diferentes usos y Norma Provisoria SISS relativa a Descargas de RILES directamente a Cursos y Masa de Aguas Superficiales y Subterráneas. Al respecto la SISS precisa lo siguiente:

- a) Si un curso de agua no tiene un uso definido aguas abajo de la descarga, se estima necesario considerar a lo menos un tratamiento preliminar que asegure la eliminación de sólidos, grasas y aceites. **(ORD. N° 1154/95).**
- b) En cursos contaminados por otro tipo de descargas, los prestadores de servicio de disposición de A.S. deben considerar que la calidad de las descargas debe ser tal que los cuerpos de agua cumplan con los requisitos establecidos por la Nch 1333 para los actuales usos.
- c) En cuanto a considerar la Capacidad de Dilución del cuerpo receptor, la norma provisoria SISS señala que el caudal del curso de agua a considerar para efectos de dilución no será superior al medio mensual correspondiente a una probabilidad de excedencia del 95%.
- d) Las descargas a Lagos deben consultar sistemas de tratamiento que aseguren el abatimiento de nutrientes, al máximo prescrito por la normativa.
- e) Es factible la desinfección de efluentes tratados mediante aplicación de cloro para efectos de alcanzar los niveles bacteriológicos exigidos por la norma. Se estima recomendable que el agua tratada tenga un DBO menor de 50 mg/1, con dosis de cloro del orden de 10ppm como máximo y residuales no superior a 1 ppm, Además deberá consultar sistemas de decloración, cuando existan captaciones de agua potable, aguas abajo de éstas descargas, según sea la distancia de éstas captaciones y los residuales de cloro de las aguas descargadas.

La SISS ha solicitado a la Empresas de Servicios Sanitarios que cuentan con plantas de tratamiento de aguas servidas, cuyo tratamiento se incluye en el cargo tarifario, informar trimestralmente los resultados de los análisis físico químicos y bacteriológicos que se realizan en los efluentes de dichas plantas. Además solicita el envío de un programa de control anual, en el cual se indiquen las fechas de muestreo físico, químico y bacteriológico, a realizar en dichas plantas de tratamiento. **(ORD. N°2616/98)**

Anexo 2:

a) Captadores de Baja Temperatura:

- Captador solar plano, también llamado *colector solar plano* o *panel solar térmico*, consistente en una caja plana metálica que aloja los dispositivos necesarios para la circulación de un fluido, que se calienta a su paso por el panel. Puede ser a su vez:

- Captador plano protegido: con un vidrio que limita las pérdidas de calor y aumenta la captación por efecto invernadero.

Son los más utilizados por tener la relación *coste-producción de calor* más favorable. En ellos, el captador se ubica en una caja rectangular, cuyas dimensiones habituales oscilan entre los 80 y 120 cm de ancho, los 150 y 200 cm de alto, y los 5 y 10 cm de espesor (si bien existen modelos más grandes). La cara expuesta al sol está cubierta por un vidrio muy fino, mientras que las cinco caras restantes son opacas y están aisladas térmicamente.

Dentro de la caja, expuesta al sol, hay una placa metálica. Esta placa está unida o soldada a una serie de conductos por los que fluye un caloportador² (generalmente agua, glicol, o una mezcla de ambos). A dicha placa se le aplica un tratamiento superficial selectivo para que aumente su absorción de calor, o simplemente se la pinta de negro.

- Captador plano no protegido: sistema más económico y de bajo rendimiento, utilizado esencialmente para climatización de piscinas.

Son una variante económica de los anteriores donde se elimina el vidrio protector, dejando la placa expuesta directamente al ambiente exterior. Carecen también de aislamiento perimetral.

Dada la inmediatez y simplicidad de este tipo de paneles, existen multitud de subvariantes tanto en formas como en materiales: conceptualmente, una simple manguera enrollada y pintada de negro es, en esencia, un colector solar plano no protegido. Debido a su limitada eficiencia, necesitan una superficie más grande para conseguir las prestaciones deseadas, pero pueden compensarlo por su bajo coste.

- Panel de tubos de vacío, donde la superficie captadora está aislada del exterior por un doble tubo de vidrio que crea una cámara al vacío. 196% más eficientes que los captadores planos por su forma cilíndrica que hace recibir siempre los rayos perpendicularmente. Existen tres sistemas:
 - Flujo directo: el fluido circula por los tubos, como en los captadores planos.
 - Flujo indirecto o *Heat pipe*:³ el calor evapora un fluido en el tubo, y éste transmite su energía al condensarse en el extremo.
 - Flujo indirecto sin *Heat pipe* La diferencia con el anterior es que es construido al 100% con cristal de borosilicato, evitando la utilización de cobre, por lo que abarata aún más sus costes, además eleva el rendimiento un 30% con respecto a los tubos de vacío con Heat-Pipe.

b) Captadores de Alta temperatura:

- Concentrador solar: el fluido se calienta a alta temperatura mediante espejos parabólicos. Pueden ser:
 - Sistemas lineales (disposición cilíndrica): el fluido se calienta al recorrer una tubería situada en el foco de la parábola
 - Sistemas puntuales (disposición esférica): con forma de paraboloides de revolución, utilizado para concentrar más los rayos y obtener así temperaturas más altas cuando la infraestructura es de dimensiones limitadas.
- Espejos planos o lentes Fresnel lineales con idéntica función que los concentradores solares lineales.

c) Captación de muy Alta temperatura:

Llamada a veces horno solar, son sistemas para obtener muy altas temperaturas. Antiguamente se hizo con concentradores parabólicos fijos (horno solar de Odeillo) y actualmente se hace con campos de espejos planos orientables que dirigen su reflejo y lo concentran en un único punto situado en una torre, en la que se genera vapor de agua que suele servir para producir electricidad.

Bibliografía:

- Energía Solar, aplicaciones e ingeniería, Pedro Sarmiento.
- Tesis, "diseño, construcción y caracterización de un colector solar plano de aire".
- EVALUACIÓN TÉCNICA – PLANTAS TRATAMIENTO AGUAS SERVIDAS, SCM Minera Lumina Copper Chile B2CA-0130-55-TE-001, Proyecto Caserones, Proyecto B2C.
- <http://www.panelessolares-chile.cl/paneles-solares/colector-solar-de-agua-no-presurizado>
- <http://www.soecol.cl/plantas-aguas-servidas/planta-agua-servidas-hogar/>
- www.sodimac.cl
- <http://www.hidraulicaydrenaje.com.mx/-p-26344.html>
- <http://www.aguafuentevedida.es/tag/modelo/>
- <http://www.soecol.cl/servicios/division-de-riles/>

