

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
UNAN-MANAGUA  
FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA ESTELI  
FAREM ESTELÍ**

**Departamento de Ciencias, Tecnología y Salud**



**UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA**  
UNAN - MANAGUA

**Proyecto de desarrollo para optar al título de Ingeniero en Energías Renovables**

**TEMA: Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás – Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del 2017.**

**Elaborado por:**

- **Br. Leno Enmanuel González Dávila**
- **Br. Ángel Rubén Lanuza Centeno**

**Tutor:**

**Ing. José Antonio Castillo Hernández**

**Estelí Enero del 2018**

## **Agradecimiento y dedicatoria**

### **A Dios.**

*Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

### **A mis padres.**

*Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

### **A mis maestros.**

*A nuestro tutor Ing. José Antonio Castillo Hernández por el gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta propuesta de proyecto, infinitamente gracias a todos los docentes que a lo largo de este trayecto en la universidad siempre creyeron en nosotros y nos compartieron conocimientos.*

## VALORACIÓN DEL TUTOR

A través de la presente hago constar que los estudiantes de la carrera Ingeniería en Energías Renovables: Leno Enmanuel Gonzáles Dávila y Angel Rubén Lanuza Centeno, han finalizado su proyecto de desarrollo con el nombre de: **Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo San Nicolás – Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del 2017.**

Este estudio fue elaborado siguiendo los aspectos metodológicos y técnicos tales como la planificación de tareas, ejecución, procesamiento y análisis de datos y la emisión de conclusiones elaborar la propuesta del sistema de bombeo solar fotovoltaico para la finca Ato viejo.

Después de revisar la coherencia del contenido y la incorporación de las observaciones del jurado y demás correcciones, se valora que éste trabajo investigativo cumple con los requisitos establecidos en su modalidad de graduación y doy por aprobada la redacción final del documento, y de forma la entrega a la universidad.

Sin más a que referirme me despido.

Atentamente.

---

Ing. José Antonio Castillo Hernández

Tutor de Tesis

## **Resumen del proyecto**

En éste trabajo se contempla la propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego en la finca Concepción comarca ato viejo, municipio de san Nicolás, departamento de Estelí, durante el periodo de julio a noviembre del año 2017.

Con la propuesta del sistema de bombeo solar fotovoltaico se pretende el uso de energías alternativas que permiten el bajo consumo del recurso hídrico permitiendo el uso sostenible y rentabilidad económica de la actividad agrícola sin mayores perjuicios al medioambiente, mejorando la calidad del cultivo y logrando una tecnificación en la finca Concepción.

Los pasos a seguir en la presente propuesta serán la determinación de la demanda de caudal para una manzana de cultivo de tomate, el diseño del sistema solar fotovoltaico, la selección de la bomba por medio de cálculos y curvas de eficiencias, el análisis financiero de la propuesta para poder determinar la factibilidad de la propuesta.

Entre otros beneficios adjuntos al proyecto es evitar la producción de emisiones de CO<sub>2</sub> por el uso de bomba accionadas con combustibles, ahorro económico en la facturación al no utilizar energía eléctrica convencional duchas eléctricas, además la implementación de medidas de ahorro y uso eficiente de la energía, definido en el Decreto No.2-2008: “Ordenamiento del uso de la energía” decretado por el presidente de la República de Nicaragua el 30 de Enero del año 2008. (Decreto, 2008)

## **INDICE**

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	ANTECEDENTES .....	3
III.	JUSTIFICACIÓN.....	5
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
V.	OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	8
VI.	ESTUDIO DE MERCADO O DIAGNOSTICO.....	9
VII.	ESTUDIO TÉCNICO.....	12
VIII.	ESTUDIO FINANCIERO .....	29
IX.	IMPACTO AMBIENTAL .....	35
X.	CONCLUSIONES .....	36
XI.	BIBLIOGRAFIA.....	38
XII.	ANEXOS.....	39

## **I. INTRODUCCIÓN**

El agua es un elemento importante para el desarrollo de la vida animal y vegetal en nuestro planeta y su disponibilidad es factor importante para el desarrollo ecológico, industrial, económico y social de cualquier país. De aquí la necesidad de cuantificar el recurso acuífero así como su uso específico, y buscar los caminos más apropiados para un consumo racional a beneficio del ser humano.

La agricultura es una de las actividades que más consumo de agua requiere. Cuando ésta actividad se basa en riego mecanizado o por gravedad, en canales abiertos, la cantidad de agua que requieren los cultivos, por hectárea, varían desde unos cuantos milímetros hasta el completo inundamiento de parcelas, como es el caso del cultivo del arroz. La cantidad de agua que se requiere es muy grande llegando a sobrepasar valores promedio diario de más de 100,000 litros.

El uso del agua no es muy eficiente y se desperdicia, los sistemas empleados para bombear agua son rústicos y accionados por combustibles que consumen grandes cantidades del mismo, debido a que son bombas de baja eficiencia, esto dificulta a los agricultores el buen manejo del recurso.

Es entonces donde vimos la necesidad de implementar nuestros conocimientos adquiridos en el transcurso de estos años sobre las energías renovables, y nos dispusimos a proponer un sistema de bombeo solar fotovoltaico para el riego de una manzana de cultivo de tomate, aprovechando que en el lugar del proyecto existe un pozo, esto representa un gran potencial pero no se ha aprovechado de manera sostenible.

Esta propuesta de proyecto se realizó para La finca “Concepción” que se sitúa en el departamento de Estelí, en el municipio de San Nicolás, comarca Ato viejo. Altitud

990msnm, coordenadas 12°55'59"N 89°20'49". Cubriendo un área de siete manzanas, en donde se seleccionó una manzana para la realización de dicha propuesta.

Se realizaron los debidos cálculos de cantidad de agua que se requiere en una manzana de cultivo de tomate por día, selección de bomba, cantidad de paneles, se realizó el análisis financiero que requiere la propuesta para poder determinar si es rentable realizar el proyecto.

## **II. ANTECEDENTES**

En Nicaragua se han ejecutado diversos proyectos de bombeo solar fotovoltaico, para brindarles el servicio de agua potable a los habitantes de las zonas rurales donde no existe el suministro de energía eléctrica.

En la comunidad el Limón departamento de León se realizó la instalación de un sistema de bombeo solar en el cual se beneficiaron 180 familias, este sistema fue realizado en cooperación con una organización canadiense, la empresa ENICALSA ejecutó el proyecto.

Así como este proyecto existen muchos que en el transcurso de los años se han ejecutado en diferentes zonas rurales del país, los cuales se han llevado a cabo gracias a cooperaciones, financiamientos, apoyo de instituciones municipales, organismos no gubernamentales u organizaciones con el propósito de mejorar la calidad de vida de la población en estas zonas.

Algunos de los trabajos procedentes a nuestra propuesta de proyecto se encontraron en la biblioteca Urania Zelaya de la Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM-Estelí los cuales se mencionan a continuación:

“El proyecto de Bombeo de agua con energía solar fotovoltaica en la comunidad de los remedios del municipio de Chichigalpa del departamento de Chinandega”, fue realizado por M.Sc. Manfredo Molina Rivas, M.Sc. Mario Escobar Cruz y M.Sc. José Ramón Sánchez Rizo, elaborado para la Maestría en Energía para el desarrollo sostenible en el año 2009.

El proyecto consistía en la instalación de un generador solar fotovoltaico capaz de mover una bomba sumergible colocada en el interior de un pozo ubicado en el centro de la comunidad a orillas del río.



El trabajo de tesis de maestría: “Modelo de evaluación integral sostenible para los sistemas de bombeo solar fotovoltaicos en comunidades rurales: El limón y El lagartillo”. Elaborado por el MSc. Luis Lorenzo Fuentes Peralta 2016. Donde realizó evaluaciones a estos dos sistemas de bombeo fotovoltaico de agua, el documento presenta además de los aspectos de gestión y organización de los Comité de agua potable y saneamiento (CAPS) los aspectos técnicos necesarios para el estudio de este tipo de sistemas.

### **III. JUSTIFICACIÓN**

El agua es un recurso fundamental y de suma utilidad para las actividades agropecuarias. No obstante, se requiere de un aprovechamiento óptimo, considerando su escasez en algunas zonas.

Actualmente, con la introducción de diversas tecnologías y mediante la creación de prototipos, los sistemas de riego y almacenamiento posibilitan el uso efectivo del vital líquido no solo para consumo, sino también para asegurar la producción de calidad, tanto a nivel de pequeños como de grandes productores.

Para mejor la gestión del agua en las actividades agrícolas, es necesario implementar nuevas tecnologías tanto como para riego, almacenamiento y extracción del recurso, una solución viable es con la tecnificación en las fincas, donde el productor mejora la calidad del producto en cuanto, a qué la planta aprovecha al máximo el agua y no se desperdicia, el productor no deberá de hacer instalaciones eléctricas especiales para conectar un motor o bomba centrifugadora para poder extraer el líquido, solo tiene que disponer de energía solar.

En la comunidad Ato Viejo no se ha realizado un proyecto de esta naturaleza de implementación de energías renovables, por lo que marcaría la diferencia en comparación con los sistemas convencionales de abastecimiento de agua que dependen de la energía obtenida de los combustibles convencionales para su funcionamiento. Además abriría las puertas para la implementación de proyectos que utilicen energías alternativas logrando así llevar el agua donde este desprovisto de este servicio.

La importancia de este proyecto se fundamenta en el beneficio de la zona, modernizando técnicas de riego por medio de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para el abastecimiento de agua, en condiciones de calidad y continuidad, de tener acceso al agua para sus diferente actividades, además el área cuenta con aproximadamente 5.53Hrs del sol pico (EOSWEB) lo que favorece que se implemente un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego en esta zona.

En base a lo anterior mencionado esto con llevaría a un mejoramiento en la calidad de riego en la finca Concepción de la comunidad Ato viejo del municipio de San Nicolás departamento de Estelí, con respecto a los tipos de cultivos que se realizan en la zona. Adicionalmente esta propuesta brindaría la oportunidad de homogeneizar el área de cultivo permitiendo un desarrollo equilibrado de las plantas que proporcionaría un aumento de la producción, el mejoramiento de la economía, salud e higiene del área beneficiada.

## **IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El propósito fundamental de la política de energía que se implementa desde el año 2007 es la ampliación de la oferta de generación de energía con recursos renovables y el cambio de la matriz de generación, así como la eficiencia energética y la electrificación rural. (PNDH, 2012).

Interpretando lo anterior, la utilización de bombeo solar fotovoltaico para el uso agrícola, viene a formar parte del cambio en el uso de los combustibles derivados del petróleo y energía eléctrica, fomentando el desarrollo tecnológico, científico y económico del país.

El problema que se presenta actualmente en la finca Concepción, es que el riego no es eficiente debido a que la mitad de la propiedad usa riego por aspersores mecánicos dependiendo de un motor de combustible diésel, el motor tiene una potencia de 10Hp es una potencia muy grande por lo cual así mismo necesita mucho combustible por día para regar el cultivo, esto lleva al productor a estar pendiente del riego y a limitarlo a otros compromisos de su negocio.

### **4.1 Preguntas problemas.**

¿Cómo caracterizar la finca Concepción en la comunidad Ato viejo del municipio de San Nicolás?

¿Qué factores se toman en cuenta para dimensionar un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego?

¿Cuáles son los costos de inversión para la instalación de un sistema de bombeo solar fotovoltaico?

¿Cuál será el impacto económico y ambiental de la propuesta de proyecto?

## **V. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Proponer un sistema de bombeo solar fotovoltaico por medio de riego por goteo que permita la mejora de la producción agrícola en la finca Concepción comarca Ato Viejo San Nicolás Estelí.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Caracterizar la finca Concepción en la comunidad Ato viejo del municipio de San Nicolás.
- Dimensionar un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, para contribuir con la tecnificación de la finca.
- Estimar los costos de inversión de la instalación del sistema de bombeo solar fotovoltaico.
- Analizar impacto económico y ambiental de la propuesta de proyecto.

## **VI. ESTUDIO DE MERCADO O DIAGNOSTICO**

### **6.1 Definición del producto.**

Hoy en día la mayor parte de los productores agrícolas están tecnificando sus haciendas o fincas, para realizar estas mejoras en la tecnología de riego, requiere una inversión costosa, los sistemas de riego por goteo son una tecnología eficiente y sostenible.

Los sistemas de bombeo fotovoltaico se aprovechan de manera eficiente en lugares donde no se cuenta con energía eléctrica realizando una buena gestión del recurso acuífero.

Instalar un sistema de riego por goteo para la producción de los cultivos es económico, porque puede durar hasta 10 años, garantiza un uso eficiente del agua y puede ayudar ante las afectaciones del cambio climático.

Desarrollamos el estudio de mercado con la finalidad de conocer la rentabilidad, mejora de la producción de productos agrícolas y el mejor aprovechamiento del recurso acuífero, lo que se pretende lograr es el aprovechamiento sostenible del agua, por medio de la tecnificación de la finca concepción situada en la comarca Ato viejo, municipio de San Nicolás, departamento de Estelí.

### **6.2 Demanda real.**

En el proyecto el producto va destinado a las zonas agrícolas que se encargan de producir pequeñas y grandes cantidades de productos alimenticios los cuales van destinados al mercado de alimentos local, regional y nacional.

En el área propuesta hay una mala gestión del agua y un gasto excesivo de mano de obra, por lo cual existe la necesidad de un buen manejo del recurso acuífero, por medio de un sistema de riego eficiente que en ocasiones los sistemas de riego tradicional implican costos de operación y mantenimientos muy altos que en muchas ocasiones no

pueden ser pagados por los usuarios, este tipo de situaciones somete a muchas comunidades a estragos de por la sequía o bien a utilizar fuentes de aguas superficiales altamente contaminadas y perjudiciales para la salud.

### **6.3 Oferta.**

Los sistemas de bombeo fotovoltaico para riego aun suelen considerarse caros en términos de inversión inicial, sin embargo la tendencia de los precios es hacia la baja conforme avanza la tecnología de las celdas solares y convertidores de potencia. En el desarrollo de esta propuesta se presenta un sistema de bombeo fotovoltaico el cual está enfocado a satisfacer aplicaciones agropecuarias y domesticas de bajo consumo, se logra un ahorro sustancial en cuanto a los costos.

El auge de la demanda de sistemas de bombeo fotovoltaico está siendo favorecido tanto por el incremento en la satisfacción del usuario final debido al aumento de la calidad y eficiencia de las instalaciones como por la amortización del sistema a corto plazo, está demostrado que el riego de dos a tres hectáreas con un sistema de bombeo fotovoltaico con un kilo watt pico de potencia nominal puede aumentar su producción en un 30 % , lo que puede suponer un periodo de amortización inferior a tres años.

### **6.4 Determinación de los costes.**

El costo de una instalación de bombeo solar fotovoltaico es mayor que el coste de instalación de una motobomba conectada a la red eléctrica o que consuma energía. Sin embargo frente a esta desventaja podemos decir que una instalación fotovoltaica tiene poco mantenimiento además de que, se ha comprobado que el mayor gasto de la instalación típica de bombeo, se debe al consumo prolongado de energía durante la vida útil de la instalación. Así podemos decir que en una instalación ordinaria se gastaría un 5% para ponerla en funcionamiento, un 85% del coste total, en consumos de electricidad o gasolina, un 10% del presupuesto se destinaría para el mantenimiento.

Es por esta razón por la que todos los fabricantes trabajan incesantemente en bajar estos consumos, optimizando el funcionamiento y la fabricación de las bombas.

## **6.5 Proveedores de materiales.**

En Nicaragua existen ciertas empresas que distribuyen equipos de riego de nueva generación con el fin de un mejor aprovechamiento del agua y del terreno, entre los cuales tenemos. TECNORIEGOS, esta empresa cuenta con mangueras especiales para riego localizado o por goteo, las cuales su función es mantener húmedo la raíz de la planta.

La empresa TECNOBOMBA es una empresa la cual posee un amplio stock en tipos de bombas, repuestos y filtros, en donde necesitaremos una bomba sumergible solar fotovoltaica la cual debe coincidir con los cálculos realizados para su selección.

Las empresas ECAMI, TECNOSOL, SUNISOLAR, NICASOLAR, distribuyen paneles solare que varían desde 50w hasta 250w, al igual que inversores, controladores de carga, conductores.

## **6.6 Comercialización y servicio.**

En esta propuesta de proyecto, el sistema de bombeo solar fotovoltaico no se comercializará porque va destinado específicamente para la finca, pero por otra parte se comercializará el tomate, ya que el sistema de bombeo solar fotovoltaico y el sistema de riego por goteo, va a mejorar la calidad del tomate.

Este producto se comercializará en los mercados locales y nacionales y se ofrecerá un producto de buena calidad.



## VII. ESTUDIO TÉCNICO

### 7.1 Tamaño del proyecto.

La propuesta se inicia con la cantidad de agua que se requiere bombear en una manzana de terreno al día, el cual nos da como resultado 40.572m<sup>3</sup> al día. A continuación se presentan las formulas y las tablas necesarias para realizar dicho calculo.

La constante Kc la encontramos en la tabla (fase de cultivo) etapa desarrollo.  
Valores del coeficiente del cultivo (Kc) para cultivos herbáceos y hortícolas.  
(Ver Anexo 1)

$$Etc = ETo \times Kc$$

$ETo = 0.0023 (T^{\circ}\text{Media diaria} + 17.78) \text{ radiación solar mm/día} \\ *(T^{\circ}\text{ diaria max} - T^{\circ}\text{ diaria minima})^{0.5}$
$ETo = 6.9 \text{ mm/día}$

Donde:

$ETc = 6.9 \text{ mm/día} \times 0.75 \text{ (constante de Kc)} = 5.175$
$5ETC \text{ se tendría } 5.175 \text{ mm/día}$

Entonces 5.175 mm/día es la cantidad que realmente necesita el cultivo en la etapa de inicial de demanda.

Para que un cultivo reciba la cantidad necesaria de agua se requiere un poco más de este líquido, lo que se denomina Lámina Bruta de Riego. Esta cantidad depende del sistema que se tenga. La eficiencia de riego indica cuánta agua de la que entrega el sistema al suelo será utilizada por el cultivo que está sembrado. Para el goteo estimamos una eficiencia de riego (Er) del 90 al 95%, con esta eficiencia obtenemos la cantidad de milímetros que debemos aplicar, de la siguiente manera:

$\text{Requerimiento de Riego (RR)} = ETc + \text{Eficiencia de riego} \times 100 \text{ Lamina Bruta de Riego (db)}$
$RR \text{ o db} = 5.175 \text{ mm (ETc)/90 (Eficiencia estimada 90\%)} \times 100 = 5.75$
$RR \text{ o db} = 5.75 \text{ mm.}$

Con el dato anterior podemos obtener el volumen de agua por planta (G)

$$G = (db + f) \times Sp \times SI$$

Donde:

RR o db = Requerimiento de riego o lámina bruta, que sería 9 mm

f = es la frecuencia de riego. En goteo este valor usualmente es 1 (uno), lo que significa que se regará todos los días, solo durante el periodo de lluvias puede cambiar esta frecuencia.

Sp = es el espaciamiento entre plantas, que sería de 0.30 m, 30 cm

SI = es el espaciamiento entre laterales de riego, que sería de 1 m, 100cm entre lateral.

$$G = (5.75 \text{ mm}/1.0 \text{ días}) \times 0.30 \text{ m} \times 1 = 1.725$$

$$G=1.725 \text{ L/planta/día}$$

Ahora necesito saber ¿cuánto tiempo debo regar para darle a la planta esta cantidad de agua?, a esto se le llama Tiempo de aplicación (Ta):

$$Ta = G / Np * qa$$

G = es el volumen de agua por planta, que es 1.725 L/planta/día.

Np = Puntos de emisión por planta, este se obtiene de la siguiente manera:

$$Np= Sp/Se$$

Donde:

Sp = es el espaciamiento entre plantas= 0.30 m

Se= espaciamiento entre goteros = 0.30 (estamos asumiendo que

se tiene una cinta de goteo de 8 milésimas de grosor de pared , con espaciamiento entre goteros de 30 cm).

$$Np= 0.30M / 0.30M$$

$$Np= 1$$

qa = es el caudal nominal del gotero de lateral de riego , asumimos que tenemos una cinta T-TAPE y el gotero tiene una descarga de 2.0 L/h (qa = 2.0L/h) por gotero a una presión de trabajo de 10 libras por pulgada cuadrada (PSI).

Entonces el Tiempo de aplicación de agua sería:

$Ta = (1.725 \text{ L/planta/día}) / 1 \times 2\text{L/h}$
$Ta = 3.45 = 3 \text{ horas con } 27 \text{ minutos}$

Si dividimos el consumo total de la planta en el día (G) entre el tiempo en que se supe esta demanda (Ta), según las características de la cinta de goteo. Obtendremos el consumo de la planta por hora:

$\text{Consumo de la planta por hora} = \frac{1.725 \text{ L/planta/día}}{3.45}$
$\text{Consumo de la planta por hora} = 0.5 \text{ L/H*planta}$

Si conocemos:

Población de plantas/Mz:

- Una Mz tiene 7056  $M^2$ , es decir 84 m largo x 84 m ancho aproximadamente, si fuera una manzana cuadrada.

Distanciamiento entre surco o cama= 1.0 m
• Distanciamiento entre planta= 0.30 m
• Número de camas= 84 m de ancho / 1.0 m entre camas= 84 camas
Número de plantas por cama = 84 m de largo de cama + 0.30 m entre planta = 280 plantas por cama
Total de plantas por manzana = 84 camas x 280 plantas por cama = 23,520 plantas/Mz
Consumo de agua por planta= 0.5 L/H*planta
Requerimiento total de agua del cultivo en 1 Mz:
= 23,520 plantas/Mz * 0.5 L/H*planta = 11,750 L/h/Mz
Calculo en $m^3$
$(11,750 \text{ L/h/Mz})/1000\text{L} = 11.75m^3/\text{h/Mz}$

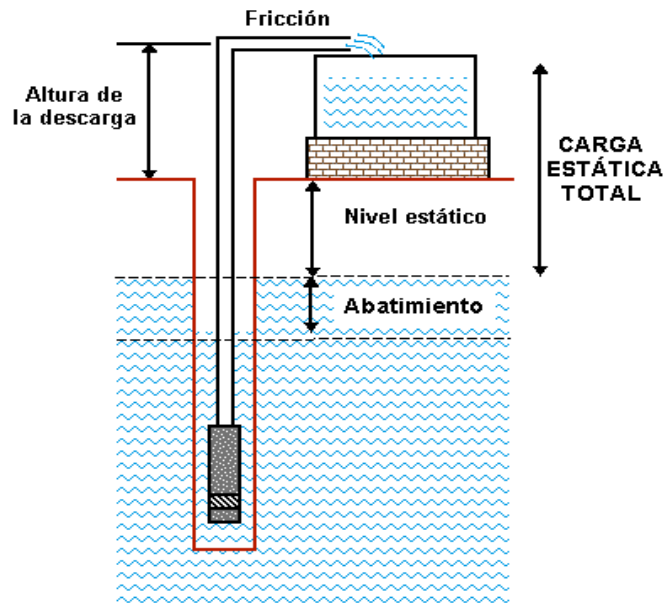
$$3.45 (Ta) * 11.75 M^3/h/Mz = \underline{40.572 m^3/Día/Mz}$$

## 7.2 Cálculo de potencia de la bomba.

DEMANDA DIARIA DE AGUA LITROS/DIA/MANZANA	40572
DEMANDA DIARIA DE AGUA M <sup>3</sup> /DIA/MANZANA	40.572

A continuación se describen los datos con que se dispone y que fueron recabados desde el propio sitio del proyecto:

### 7.2.1 Perfil de pozo.



Descripción	Metros
Profundidad del Pozo	27m
Nivel estático	8m
Altura de descarga	6m
Carga Estática Total	14m
Abatimiento	12.072m
Carga Dinámica Total	52.072m
Distancia Pozo – Tanque	1.04144m

Para determinar el tamaño de un sistema de bombeo de agua, es necesario conocer las condiciones hidráulicas de la obra. Por lo tanto, el tamaño del sistema está en relación directa con el producto de la Carga Dinámica Total (CDT) y el volumen diario necesario.

Este producto se conoce como ciclo hidráulico<sup>8</sup>, el cual es a la vez el indicador de tamaño y costo del sistema y se expresa en unidades de  $m^4$ .

CDT se calcula de la siguiente manera: ec.1

$$CDT^9 =$$

$$CE + CD$$

**Donde CE** = Nivel estático + Abatimiento + Altura de la descarga

$$CE = 8 \text{ m} + 12.072 \text{ m}$$

$$+ 6 \text{ m}$$

$$CE = 26.072\text{m}$$

Carga dinámica **CD = 2 % por**

**omisión \* L**

$$=0.02 * (26.072\text{m}+26\text{m})$$

$$= 0.02 * 52.072 \text{ m} = 1.04144 \text{ m}$$

**CDT = CE + CD = 52.072m +**

**1.04144 m**

**CDT = CE + CD =53.11m**

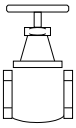
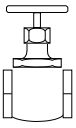

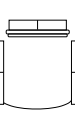
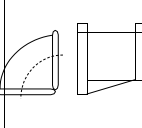
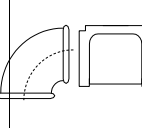
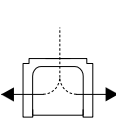
**7.3 Pérdidas por fricción en caños rectos de hierro. (Tabla 1)**

Caudal (m3/h)	Pérdidas (en metros por cada 100 metros)							
	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
1,14	7,7	2,4	0,6	0,3	0,1			
2,27	27,8	8,6	2,3	1,1	0,4			
3,40	58,6	18,5	4,8	2,2	0,8	0,3		
4,55	99,5	30,8	8,1	3,8	1,3	0,5		
5,68		46,9	12,1	5,7	2,0	0,7	0,3	
6,80		65,2	16,9	8,1	2,8	1,0	0,4	
7,95		87,0	23,9	10,8	3,8	1,3	0,5	
9,10		111,5	29,5	13,8	4,8	1,6	0,7	
10,2			35,0	17,0	6,0	2,0	0,8	
11,4			44,0	20,8	7,3	2,5	1,0	0,2
13,6			62,3	29,0	10,2	3,4	1,4	0,3
15,9			82,8	38,2	13,6	4,5	1,9	0,4
17,0			44,0	44,0	15,4	5,1	2,1	0,5
18,2	0,2		49,8	49,8	17,4	5,8	2,4	0,6
20,4				61,7	21,7	7,3	3,0	0,7
22,7	0,3			75,2	26,2	8,8	3,7	0,9
28,4	0,4				39,3	13,1	5,4	1,3
34,1	0,5		8"		55,4	18,3	8,0	1,8
39,8	0,8	0,2				24,3	10,1	2,5
42,0	0,9	0,3				27,3	11,3	2,7
45,4	1,1	0,4	0,1			31,8	13,1	3,2
56,8	1,6	0,7		10"			19,5	3,6
62,4	1,9	0,8	0,2				23,1	5,7
68,2	2,3	0,9					27,7	6,8
79,4	3,1	1,2	0,3					8,9
85,0	3,4	1,4						10,1
90,8	3,9	1,6	0,4	0,1				11,7
102	4,9	1,8	0,5					14,5
108	5,3	2,0						15,9
113	5,9	2,1	0,6	0,2	0,1		16"	17,6
170	12,6	4,9	1,3	0,4	0,2			
227	19,4	8,8	2,2	0,7	0,3	0,1		
250		10,3	2,6	0,9	0,4	0,2		
234		13,2	3,2	1,1	0,5		0,1	18"
341		18,8	4,6	1,6	0,6	0,3	0,2	
454			7,9	2,6	1,1	0,5	0,3	
568				3,9	1,6	0,8	0,4	0,2
683				5,6	2,2	1,1	0,6	0,3
796				7,3	3,0	1,4	0,8	0,4
910					3,9	1,9	1,0	0,6
1022					4,7	2,3	1,2	0,7
1137					5,8	2,7	1,5	0,9
1250					7,1	3,4	1,7	1,0
1363						3,9	2,0	1,2

Los valores de la tabla corresponden a agua limpia en cañería nueva de hierro. Para cañerías viejas de hierro, multiplicar los valores de tabla por 1,33. Para los distintos tipos de cañerías, dichos valores deben ser multiplicados por los factores detallados a continuación:

- Acero laminado nuevo: 0,8
- Acero arrugado: 1,25
- Fibrocemento: 1,25
- Aluminio: 0,7
- P.V.C.: 0,65
- Hidrobro

### 7.4 Perdidas por fricción en accesorios.

Diámetro nominal de los caños normales								
mm.	Pulg.	Válvula esclusa totalmente abierta	Válvula globo totalmente abierta	Válvula ángulo totalmente abierta	Válvula de retención	Codo normal o Te de 6 mm de reducción	Curva normal o Te normal	Te normal
12	½	0,12	5,18	2,44	1,22	0,46	0,30	1,00
19	¾	0,15	6,71	3,36	1,83	0,61	0,45	1,37
25	1	0,18	8,24	4,27	2,44	0,82	0,52	1,74
32	1 ¼	0,24	11,00	5,49	3,66	1,07	0,70	2,32
38	1 ½	0,30	13,12	6,71	4,27	1,31	0,82	2,74
51	2	0,36	16,78	8,24	5,80	1,68	1,07	3,66
63	2 ½	0,43	20,43	10,06	7,01	1,98	1,28	4,27
76	3	0,52	25,01	12,50	9,76	2,44	1,59	5,18
102	4	0,70	33,55	16,16	13,12	3,36	2,14	6,71
127	5	0,88	42,70	21,35	17,69	4,27	2,74	8,24
152	6	1,07	51,85	24,40	20,74	4,88	3,36	10,00
203	8	1,37	68,02	36,60		6,10	4,27	13,12
254	10	1,77	85,40	42,70		7,93	5,18	16,16
305	12	2,07	100,65	48,80		9,76	6,10	20,74
356	14	2,44	115,90	58,00		11,28	7,32	23,79
406	16	2,74	134,20	67,10		12,81	8,24	26,84

#### Longitud equivalente de caño recto del mismo diámetro en metros. (Tabla 2)

En la instalación representada, compuesta por cañería y accesorios de Ø2", se solicita un caudal de  $Q=40.572\text{m}^3$  en un periodo de 5h en el lapso de un día. (Ver Anexo 2)

Por consiguiente, la altura desde el nivel de bombeo hasta la descarga del líquido es de 29 m (altura geométrica). En una correcta determinación de la altura que debe superar la bomba a instalar, es necesario calcular las pérdidas causadas por la fricción del líquido, para lo cual se debe:

1) utilizando las tablas de perdidas, convertir todos los accesorios a su equivalencia en caño recto. (Por ejemplo en el caso de la curva normal de Ø2" se observa que produce las mismas pérdidas de carga que 1,07 m de caño de la misma altura).



2) Sumar estas equivalencias a la longitud de caño recto que posea la instalación. De esta operación se obtiene la longitud total de un caño imaginario de Ø2", que para el caudal solicitado de  $Q=40.572$  m<sup>3</sup>/día (tabla 2 - frente) ocasionaría las mismas pérdidas de carga que la instalación completa funcionando. En nuestra propuesta de proyecto las pérdidas se deben a lo siguiente:

En la cañería de impulsión a:

- 82m de caño de Ø2" equivalente a: 0.533m
- 1 curva normal de Ø2" equivalente a:  $1.07 \times 3 = 3.21$ m
- 3 codo normal de Ø2" equivalente a:  $1.68 \times 3 = 5.04$ m
- 1 válvula esclusa totalmente abierta Ø2" equivalente a: 0.36m
- 1 válvulas de retención o anti retorno Ø2" equivalente a: 5.80

La suma de todos los elementos se totalizan.

De la tabla 2, para un caudal de  $Q=40.572$  m<sup>3</sup>/día, un caño recto de Ø2" origina pérdidas que representan, por consiguiente:

$$H_f \text{ tubería} = (P.V.C. 0,65 \times 82\text{m})/100 = 0.533\text{m}$$

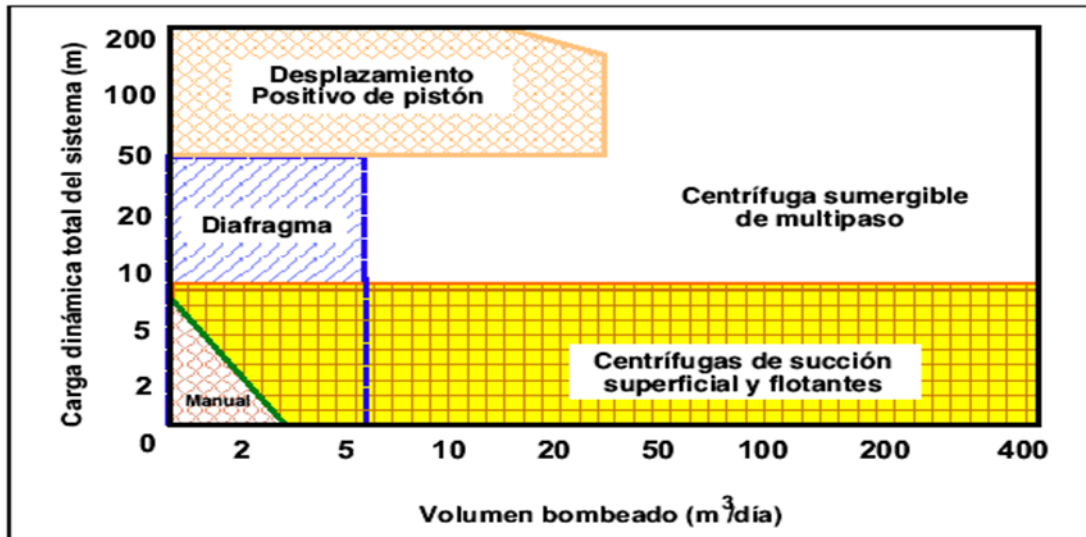
$$H_f \text{ total} = 3.21\text{m} + 5.04\text{m} + 0.36\text{m} + 5.80\text{m} + 0.533\text{m}$$

$$H_f \text{ total} = 14.943\text{m}$$

Finalmente, si la altura geométrica de la instalación es de 53.11 m y las pérdidas por fricción significan 14.943 m, la suma de ambas  $53.11\text{m} + 14.943\text{m} = 68.053\text{m}$ , nos proporcionará la Altura Manométrica que debe cumplir la bomba.

$$H_{te} = 53.11\text{m} + 14.943\text{m}$$

$$H_{te} = 68.053\text{m}$$



La bomba a seleccionar es una bomba de **Desplazamiento positivo de pistón**.

La bomba necesaria es la que tenga un rendimiento de entrega de 40.572 M<sup>3</sup>/DIA/MANZANA a una altura de 68.053m.

### 7.5 Potencia necesaria de paneles solares.

Para calcularlo solo tenemos que multiplicar el área de paneles obtenido en el apartado anterior por el rendimiento de producción de los paneles por los 1000 W/m<sup>2</sup> de producción teórica en condiciones estándar.

Datos para cálculo de instalación solar FV.		
Potencia esperada	9800	N/m <sup>3</sup>
Necesidad regadío	40.572	m <sup>3</sup> /dia
Altura total estática	68.053	M
Tiempo de funcionamiento	5.25	H
Conversión hp	745.7	W/hp

<b>Fuerza diaria= potencia esperada x necesidad regadío</b>
397605.6 N/día

<b>Energía diaria</b>
Altura total estática x Fuerza diaria
27,058,254 Joule/día

<b>Demanda diaria en kWh / dia</b>
Energía diaria / 3600 / 1000
7.516182Kwh / dia

<b>Potencia de la bomba</b>
Tiempo de funcionamiento/(Energía diaria x 3600)
1431.654w

<b>potencia de la bomba en kW</b>
1431.654w / 1000
1.431Kw

### **7.6 Energía de bombeo efectiva.**

Para el cálculo se asume que se está utilizada una bomba AC donde su eficiencia es de 80%; para seleccionar la cantidad de paneles necesarios.

<b>Potencia eléctrica de la bomba suponiendo 80% eficiencia</b>
Potencia de la bomba / 0.80
1.7895Kw

<b>Potencia eléctrica total diaria</b>
1.7895Kw / 5.25h
9.395227 kWh / dia

<b>Potencia de la bomba en Hp</b>
Potencia de la bomba kW / conversión Hp
1.431Kw / 745.7
1.919879Hp

<b>Caudal de la bomba sumergible</b>
Necesidad de regadío / tiempo de funcionamiento
40.572(m <sup>3</sup> /dia) / 5.25h
7.728m <sup>3</sup> /h

Área de paneles solares:

<b>Datos para calculo Fotovoltaico</b>		
<b>Energía diaria</b>	9.395227	kWh
<b>Rend inversor</b>	95.00 %	
<b>Gdm</b>	5.7	kWh/dia m <sup>2</sup>
<b>Panel</b>		
<b>Potencia max</b>	200	W
<b>Isc</b>	11.75	A
<b>Voc</b>	22.51	V

<b>Potencia mínima solar</b>
Energía diaria x 1 / (GDM X 0.7)
2.354693 kW

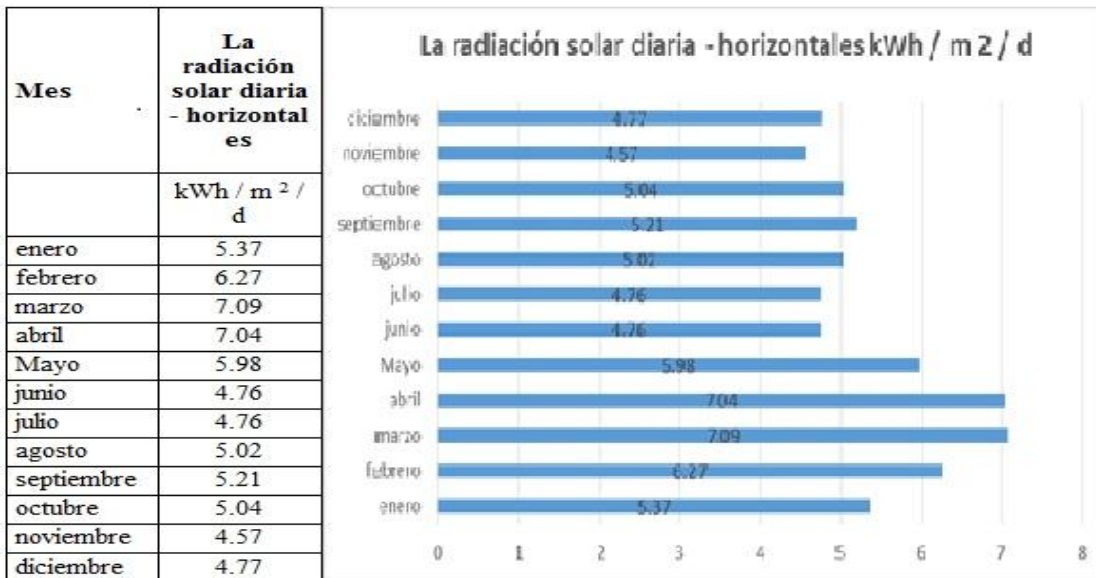


Tabla de radiación solar promedio mensual.

### 7.7 Selección de los paneles solares.

Primero hay que elegir que paneles queremos en función de lo que ofrece el mercado local. Como ya vimos hay varias clases de paneles y calidades. Normalmente la gama va entre en panel chino de nombre impronunciable hasta el top gama. Elegir un panel mono o poli cristalino de rendimiento mayor del 15% de potencia mayor de 100Wp será una buena elección.

#### 7.7.1 Número de paneles totales.

Número de paneles en serie	2	(Porque el inversor es de 48V y un panel es de 22V)
----------------------------	---	---

Numero de paneles paralelo
Potencia mínima solar / (2 x potencia Max / 2000)
5.886734 paneles
total paneles
11.77347 paneles
total paneles = 12 paneles

### 7.8 Selección de la bomba.

Una vez conocido el caudal diario y la cabeza de bombeo, la selección es muy sencilla.

Pero antes tenemos que calcular **el caudal de trabajo (Q trabajo)**

Se obtiene a partir del caudal diario dividido entre las Horas Solares Pico (HSP) medias del mes peor, es decir la cantidad de horas equivalentes a una radiación de 1000W/m<sup>2</sup>

$$Q_{trabajo} \text{ m}^3/\text{h} = \frac{Q \text{ diario m}^3/\text{día}}{HSP \text{ h/día}}$$

Para este caso es en el mes de noviembre:

$$Q \text{ diario} \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = \text{demanda diaria junio} = \frac{40572 \text{ l/día}}{1000} = 40.572 \text{ m}^3/\text{día}$$

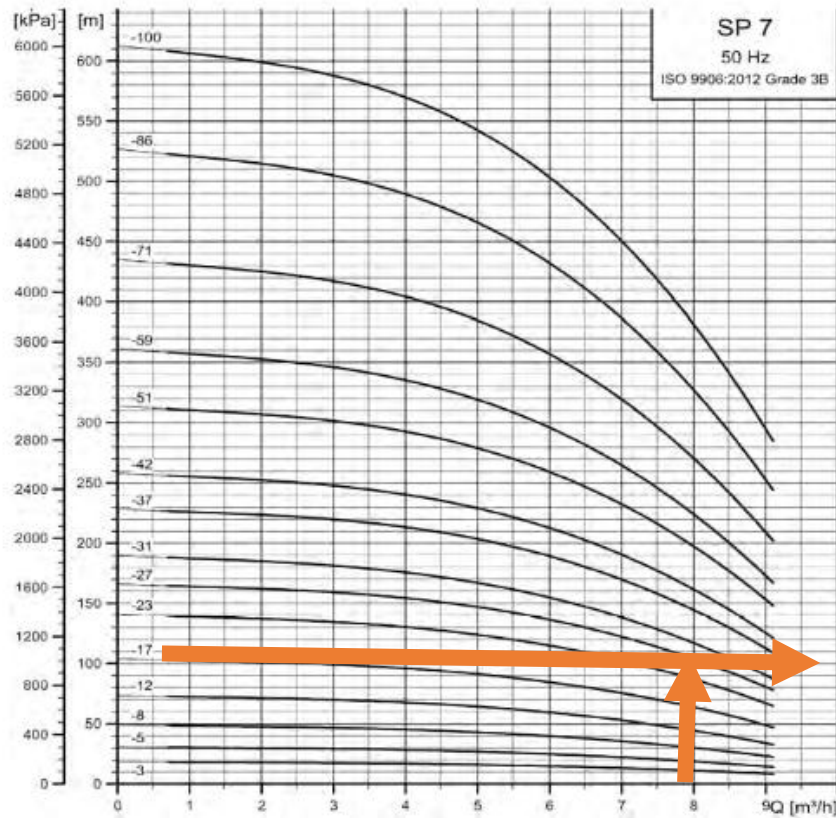
$$HSP \frac{\text{h}}{\text{día}} = \frac{H(0,15) \text{ junio} \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} / \text{día}}{1000 \text{ W/m}^2} =$$

$$HSP \frac{\text{h}}{\text{día}} = \frac{H(0,15) 4.57 \frac{\text{Wh}}{\text{m}^2} / \text{día}}{1000 \text{ W/m}^2} = \frac{5.255}{1000} = 5.255 \text{ h/día}$$

$$Q_{trabajo} = \frac{40.572 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}}{5.255 \frac{\text{h}}{\text{día}}} = 7.72 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

### **Gráfica de selección general de bombas.**

Dentro de una familia de bombas el fabricante nos proporciona una gráfica donde introducimos Altura dinámica de bombeo y Caudal y obtenemos el tipo de bomba que mejor se adapta.



**Ver anexo 5. Ficha técnica de la bomba seleccionada.**

## **7.9 Localización del proyecto.**

### **7.9.1 Macro localización.**

Tiene el propósito de encontrar la ubicación más ventajosa para el proyecto, es decir cubriendo las exigencias o requerimientos contribuyendo a minimizar los costos de inversión y los costos y gastos durante el periodo productivo del proyecto.

Que a su vez depende de ciertos factores de localización, solo por mencionar algunos de manera global que infieren en el desarrollo de cualquier proyecto o negocio:

1. Medios y costos de transporte.
2. Disponibilidad y costo de mano de obra.
3. Cercanías de las fuentes de abastecimiento.
4. Costo y disponibilidad de terrenos,
5. Disponibilidad de agua, energía y otros suministros básicos.

Enmarcando como base fundamental la disponibilidad de los recursos como agua, energía y otros suministros para la ejecución y operación de la “**propuesta de proyecto de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo para uso agrícola**” estará ubicado en el departamento de Estelí, Municipio de San Nicolás que esta distanciado a unos 150 km desde la capital Managua.



### **7.9.2 Micro localización.**

Tiene el propósito de seleccionar la comunidad y el lugar exacto para instalar el proyecto, siendo este sitio el que permite cumplir con los objetivos del lograr la más alta rentabilidad o producir el mínimo costo unitario.

Específicamente el proyecto estará ubicado en el municipio de San Nicolás, comarca Ato viejo, en la finca concepción. Altitud 990msnm, coordenadas 12°55'59"N 89°20'49.



## VIII. ESTUDIO FINANCIERO

### 8.1 Presupuesto del sistema de bombeo solar fotovoltaico con pila de almacenamiento de agua. (ver anexo 7)

### 8.2 Cálculo VAN y TIR.

Para efectos financieros del proyecto se abarcará la inversión de instalación presupuestada, valor económico del sistema y de la energía producida por el sistema, TIR y VAN.

Según resultados de los cálculos del VAN y TIR, la toma de decisión de proyecto versus no invertir, los resultados demuestran que conviene realizar este proyecto dado que la tasa de retorno es mayor al 9 %, ahora bien la decisión entre ambos intereses del 9% y 21% respectivamente conviene la inversión al 9% dado que tiene un VAN mayor al del 21% de interés.

Tasa de interés	Inversión inicial
9 %	\$6513.82

$$V.A.N. = -A + (1 + 0.09)^1 + \frac{Q2}{(1 + 0.09)^2} + \frac{Q3}{(1 + 0.09)^3} + \frac{Q4}{(1 + 0.09)^5} + \frac{Q5}{(1 + 0.09)^5}$$

$$V.A.N. = -A + \frac{3500}{(1.09)^1} + \frac{3500}{(1.09)^2} + \frac{3500}{(1.09)^3} + \dots + \frac{3500}{(1.09)^5}$$

$$V.A.N. = -A + \frac{3500}{(1.09)} + \frac{3500}{(1.1881)} + \frac{3500}{(1.2950)} + \frac{3500}{(1.4115)} + \frac{3500}{(1.5386)}$$

$$V.A.N. = -6512.82 + \frac{3500}{(1.09)} + \frac{3500}{(1.1881)} + \frac{3500}{(1.2950)} + \frac{3500}{(1.4115)} + \frac{3500}{(1.5386)}$$

Cálculos a 5 años

Años	1	2	3	4	5
Q1/(1+i) <sup>n</sup>	3211.00917	2945.8799	2702.6421	2479.4882	2274.7498

$$V. A. N. = -6513.82 + 13613,77942$$

Van positivos a 5 años

$$V. A. N. = 7099.95$$

Cálculos a 4 años

Años	1	2	3	4
Q1/(1+i) <sup>n</sup>	3211.00917	2945.8799	2702.6421	2479.4882

$$V. A. N. = -6513.82 + 8859.5313$$

Primer VAN positivos a 3 años

$$V. A. N. = 2345.7113$$

Cálculos a 3 años

Años	1	2	3
Q1/(1+i) <sup>n</sup>	3211.00917	2945.8799	2702.6421

$$V. A. N. = -6513.82 + 6156.8891$$

ultimo VAN negativo a 2 años

$$V. A. N. = -356.93$$

Tasa de interés	Inversión inicial
18%	\$6513.82

$$V. A. N. = -A + \frac{Q1}{(1+i)^1} + \frac{Q1}{(1+i)^2} + \frac{Q1}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Q1}{(1+i)^5}$$

$$V. A. N. = -6513.82 + \frac{3500}{(1+0.18)^1} + \frac{3500}{(1+0.18)^2} + \frac{3500}{(1+0.18)^3} + \frac{3500}{(1+0.18)^4} + \frac{3500}{(1+0.18)^5} + \dots + \frac{3500}{(1+0.18)^{15}}$$

$$V. A. N. = -6513.82 + \frac{3500}{1.18} + \frac{3500}{1.3924} + \frac{3500}{1.6430} + \frac{3500}{1.9387} + \frac{3500}{2.2877}$$

Cálculos a 5 años

2966.1016	2513.6455	2130.2080	1805.2610	1529.8822
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

$$V.A.N = -6513.82 + 10945.0986$$

$$V.A.N \text{ Positivo a 5 años} = 4431.2786$$

Cálculos a 3 años

2966.1016	2513.6455	2130.2080	1805.2610	1529.8822
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

$$V.A.N = -6513.82 + 7609.9552$$

$$\text{Primer V.A.N positivo a 3 años} = 1096.1352$$

Cálculos a 15 años

2892	2390.	1975	1632	1349	1115	921.	761.	629.	520.	429.	355.	293.	242.	200.
.561	5470	.658	.775	.401	.207	659	7019	5057	2526	9609	3395	6690	7017	5799
98	94	76	83	51	86	39	75	65	98	08	93	85	23	37

$$V.A.N = -10647.94 + 15711.52411$$

$$\text{ultimo V.A.N negativo a 2 años} =$$

2966.1016	2513.6455	2130.2080	1805.2610	1529.8822
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

$$V.A.N = -6513.82 + 5479.7472$$

$$\text{ultimo V.A.N negativo a 2 años} = -1034.0728$$

### 8.3 T.I.R. Tasa interna de rentabilidad

#### Fórmula general del T.I.R

$$T.I.R = i_1 + (i_2 - i_1) \left[ \frac{V.A.N_1}{V.A.N_1 + V.A.N_2} \right]$$

Dónde:

$i_1 = \text{tasa de inteters V.A.N positivo}$

$i_2 = \text{tasa de intetes V.A.N negativo}$

Tasa de interés último V.A.N positivo	Tasa de interés último V.A.N. negativo
I1= 9% =2345.7113	I2 =18% =--1034.0728

$$T. I. R. = i_1 + (i_2 - i_1) \left[ \frac{V. A. N_1}{V. A. N_1 + V. A. N_2} \right]$$

$$T. I. R. = 0.09 + (0.18 - 0.09) \left[ \frac{2345.7113}{2345.7113 + 1034.0728} \right]$$

$$T. I. R. = (0.39) \left[ \frac{2345.7113}{3379.7841} \right]$$

$$T. I. R. = (0.18) [0.6940417585]$$

$$T. I. R. = 0,1249275165$$

$$T. I. R. = 0,1249275165 * 100\% = 12.492751653$$

Nota: El 12.49% refleja un proyecto rentable hasta un de retorno en un periodo de 2 años.

#### 8.4 Relación beneficio costo.

$$\frac{Rb}{c} = \frac{\frac{FN^1}{(1+i)^1} + \frac{FN^2}{(1+i)^2} + \dots, \quad \frac{FN^n}{(1+i)^n}}{I_0 + \frac{FN^1}{(1+i)^1} + \frac{FN^2}{(1+i)^2} + \dots, \quad \frac{FN^n}{(1+i)^n}}$$

Tasa interés	9%
--------------	----

$$Rbc = \frac{3500}{1.09} + \frac{3500}{1.1881} + \frac{3500}{1.2950} + \frac{3500}{1.4115} + \frac{3500}{1.5386}$$

$$Rbc = \frac{13613.7794}{6513.82}$$

$$Rbc = 2.08998$$

Al 9% la relación beneficio costo la utilidad es de 208.99%.

Una vez realizado el análisis financiero, podemos observar que el proyecto es rentable al 9% de intereses en donde muestra que por cada dólar invertido en el proyecto tendremos una recuperación y una ganancia del 208.99%, lo que significa que a 5 años tendremos una ganancia de 2.08 dólares por cada dólar invertido en el periodo de 5 años. Lo cual demuestra que este proyecto es muy rentable tomando en cuenta que el sistema de bombeo como las instalaciones fotovoltaicas posee una vida útil aproximada de 15 años como mínimo.

### **8.5 Comparación de sistema solar fotovoltaico con sistemas de bombeo convencional.**

A continuación veremos una tabla de comparación de la cantidad de dinero que se invierte viendo los tres tipos de sistemas; motor de combustión, conexión a la red convencional y sistema de bombeo solar FV.

<b>Potencia electrica total diaria</b>
1.7895Kw / 5.25h
9.395227 Kwh / dia
<b>Potencia electrica total mensual</b>
9.395227 Kwh / dia x 30 dias
281.85681Kw/mes

Supongamos que la conexión del sistema de bombeo se conecta a la red convencional con un costo del kW de C\$8.00 córdobas sin tomar en cuenta el subsidio que se encuentra por debajo de los 150 kW/ mes se tendría que pagar un saldo de C\$ 2,254.85 mensuales.

La siguiente tabla muestra el consumo energético del mismo sistema con red convencional en donde se observa que en un periodo de ocho años y medio el consumo energético es igual a la inversión de instalación de un sistema solar Fv.

consumo mensual de energia en C\$	inversion de sistema solar Fv	total de meses	total de años
C\$ 2,254.85	C\$ 201,276.98	89.264022	7.4386685

Analizando los cálculos de rentabilidad de la instalación solar Fv podemos observar que en un periodo de ocho años se recuperaría la inversión de instalación a comparación de los altos costos de consumo de combustibles fósiles al año. (U\$3,500.00)

Interés	1.09	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18
Años	1	2	3	4	5	6	7	8
$(1+i)^N$	1.09	1.2862	1.517716	1.79090488	2.11326776	2.49365595	2.94251403	3.47216655
Q1	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
$Q1/(1+i)^n$	3211.00917	2721.194216	2306.096793	1954.319316	1656.20281	1403.5617	1189.45907	1008.01616

A como podemos observar en las tablas anteriores nos damos cuenta que la mejor opción de instalación ya sea fuera de las redes convencionales y motores de combustión, es la instalación del sistema de bombeo solar Fv ya que con el consumo de los dos sistemas a los cuales comparamos.

Se consume la misma cantidad de efectivo en el cual sería más conveniente invertirlo en estos sistemas energéticos renovables ya que su rentabilidad, ahorro y eficiencia demuestran que son un prospecto al momento de pensar que sistema sería de mayor beneficio.

## **IX. IMPACTO AMBIENTAL**

Lo mejor acerca de la energía solar fotovoltaica en términos de sus efectos ambientales es que casi no produce emisiones de carbón o gases de efecto invernadero. No quema petróleo, no genera residuos tóxicos, y su ausencia de partes móviles reduce las posibilidades de un accidente ambiental devastador a cero.

De hecho, los únicos contaminantes que se consideran en la energía solar fotovoltaica son aquellos que participan en la construcción y transportación de sus partes; lo cual lo clasifica entre las formas de energía más limpia en la tierra. Implementar energía solar fotovoltaica a amplia escala reduciría su impacto ambiental a una minúscula fracción de su nivel actual.

La energía solar fotovoltaica es ambientalmente ventajosa también porque su suministro de energía nunca se agota. La luz solar brillará por mucho tiempo sobre la tierra y mientras esto suceda se podrá retener la energía que la tecnología de las celdas fotovoltaicas pueda soportar. Al contrastar esto con los combustibles fósiles tales como el carbón o el petróleo, los cuales necesitan ser extraídos o explotados y por lo tanto tienen un enorme impacto ambiental, aún en circunstancias relativamente seguras.

Una bomba accionada por combustible diésel necesita 2.5 galones para poder bombear 40.57m<sup>3</sup> de agua al día, ahora bien en una año serian 912 galones de diésel lo cual equivalente a 9.55 toneladas de CO<sub>2</sub> anual, esta cantidad se reducirá al utilizar un sistema de bombeo solar fotovoltaico, de esta manera contribuimos a la protección del medio ambiente y a la reducción de los gases de efecto invernadero.



## **X. CONCLUSIONES**

Logramos primero que todo caracterizar la finca lo cual era necesario para poder realizar los debidos cálculos para dimensionar el sistema de bombeo solar fotovoltaico, obtuvimos por medio de cálculos de evapotranspiración la demanda necesaria de cada planta de tomate, gracias a esto determinamos la demanda de agua al día para el cultivo de tomate en una manzana de terreno lo cual nos dio como resultado  $40.57\text{m}^3$ .

Con la propuesta de proyecto de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego, se logró el objetivo general de dimensionar dicho sistema para la finca Concepción, lo cual al realizar los cálculos nos dio como resultado  $40.57\text{m}^3$  de agua para regar una manzana de cultivo de tomate.

la bomba que seleccionamos y adecuamos a las características que presenta el pozo y la que se puede conseguir en Estelí, fue una bomba sumergible marca FRANKLIN ELECTRIC 2 Hp AC, (ya que el cálculo de selección de la bomba se hizo con la ficha técnica de bombas de la marca GRUNDFOS SP7-Bombas sumergibles 4<sup>3</sup>/6 MS402/MS4000, 2.20KW) la cantidad de paneles solares que se necesitan son de 12 módulos solares de 200W, un inversor marca SAM DC/AC 2000W 120/240V, para la realización de los cálculos de la bomba y arreglo de los módulos solares, tuvimos la ayuda del MS.C Pablo Muñoz Sánchez de la Universidad Carlos Tercero de Madrid.

Se demostró a través del análisis financiero y con los cálculos de Valor Actual Neto y Tasa Interna de Rentabilidad, que es rentable invertir en esta propuesta, se puede obtener un financiamiento de 6513.82 U\$, al 9% de interés, demostrando que en cinco años se obtendrá una ganancia de 2.09 U\$ por cada dólar invertido. Por lo tanto determinamos que

implementar este proyecto en la finca Concepción es rentable ya que tendremos una recuperación y una ganancia del 208.99% en cinco años.

Determinamos a través del estudio de impacto ambiental que se reduce 9.55 toneladas de CO2 anual esto comparado con una bomba accionada por combustible, es un hecho que al utilizar energías renovables se reduce la huella de carbono ya que no se generan prejuicios para el medio ambiente.

## **XI. BIBLIOGRAFIA**

David Arija González. (2010). *Prototipo de sistema de bombeo fotovoltaico para proyectos de cooperación al desarrollo con tecnologías apropiadas.*

Decreto, N. (2008). *"Ordenamiento del uso de la energía"*. Managua-Nicaragua.

García, C. R. (s.f.). *Crane-flujo de Fluidos en Valvulas Accesorios y Tuberias.*

GARCIA., M. J. (2010). *Energía solar fotovoltaica. FC EDITORIAL. 2DA EDICION.*

GRUNDFUS. (s.f.). *Catalogo de seleccion de bombas.*

Martínez, J. C. (2012). *Manual técnico para bombeo fotovoltaico.*

PNDH, P. N. (2012). *GRUN.*

serrano, J. S. (2009). *CONFIGURACION DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS.*

snider, B. s. (2008). *CALCULO DE EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO (ET<sub>c</sub>) MEDIANTE EL USO DE COEFICIENTES K<sub>c</sub>.*

## XII. ANEXOS

### Anexo 1.

Valores del coeficiente del cultivo (Kc) para cultivos (snider, 2008)

Cultivos*	Fase del cultivo			
	Inicial	Desarrollo	Media	Maduración
Algodón	0.45	0.75	1.15	0.75
Berenjena	0.45	0.75	1.15	0.80
Cebada	0.35	0.75	1.15	0.45
Girasol	0.35	0.75	1.15	0.55
Judía verde	0.35	0.70	1.10	0.30
Lechuga	0.45	0.60	1.00	0.90
Maíz	0.40	0.80	1.15	0.70
Melón	0.45	0.75	1.00	0.75
Papa	0.45	0.75	1.15	0.85
Pimiento	0.35	0.70	1.05	0.90
Remolacha	0.45	0.80	1.15	0.80
Soya	0.35	0.75	1.10	0.60
Sorgo	0.35	0.75	1.10	0.65
Tabaco	0.35	0.75	1.10	0.90
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Trigo	0.35	0.75	1.15	0.45
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90

### Anexo 2.

Válvula de pie puede ser despreciada si su sección de pasaje está bien dimensionada.

Diámetro caños normales								
	mm.	Pulg.	Te normal con salida lateral	Codo 45°	Codo 180°	Ensanchamiento brusco	Contracción brusca	Entrada ordinaria
12	½	1,00	0,24	1,09	0,30	0,18	0,27	0,49
19	¾	1,37	0,30	1,52	0,45	0,24	0,40	0,61
25	1	1,74	0,40	1,83	0,52	0,30	0,46	0,76
32	1 ¼	2,32	0,51	2,53	0,70	0,40	0,61	1,04
38	1 ½	2,74	0,61	3,05	0,82	0,45	0,73	1,22
51	2	3,66	0,76	3,96	1,07	0,58	0,91	1,52
63	2 ½	4,27	0,92	4,58	1,28	0,67	1,10	1,83
76	3	5,18	1,16	5,49	1,59	0,85	1,37	2,38
102	4	6,71	1,52	7,32	2,14	1,16	1,83	3,26
127	5	8,24	1,92	9,46	2,74	1,43	2,29	4,12
152	6	10,00	2,29	11,28	3,36	1,77	2,74	4,70
203	8	13,12	3,05	15,55	4,27	2,29	3,96	6,07
254	10	16,16	3,96	18,60	5,18	3,05	4,58	7,47
305	12	20,74	4,58	22,57	6,10	3,66	5,49	9,09
356	14	23,79	5,18	25,92	7,32	3,96	6,10	10,64
406	16	26,84	5,80	30,50	8,24	4,58	7,02	12,20

**Anexo 3.**

**Tabla de cálculos para calcular la capacidad de la bomba y cantidad de paneles solares.**

potencia esperada	9800 n/m <sup>3</sup>	f diaria	397605.6 N/día			B1		Totales	
Necesidad regadio	40.572 m <sup>3</sup> /día	<b>E diaria</b>	<b>27058254 J/día</b>	7.516182 kWh/día		P	1.789567 kW	9.395227 kWh/día	
altura total estática	68.053 m	P bomba	1431.654 W			Q	7.728 m <sup>3</sup> /h	40.572 m <sup>3</sup> /día	
tiempo de funcionamiento	5.25 h	<b>P' bomba</b>	<b>1.431654 kW</b>		3.162278	h	70		
		P'' bomba	1.919879 HP						
conversion hp	745.7 W/HP				1.789567	P electrica bomba suponiendo 80% eficiencia			
		Q bomba	7.728 m <sup>3</sup> /h						
<b>Datos para calculo Fotovoltaico</b>									
Energia diaria	9.395227 kWh	Pmin s	2.354693 kW						
rend inversor	95.00 %								
Gdm	5.7 kWh/día m <sup>2</sup>	numero de p	2 (Porque el inv es de 48V y un panel solo da 22V)						
		Numero de p	5.886734 (redondear hacia arriba)						
Panel									
Potencia max	200 W	total paneles	11.77347						
Isc	11.75 A								
Voc	22.51 V								

**Anexo 4.**

**Pozo de la finca Concepción donde se realizaron los debidos cálculos para la selección de la bomba.**



**Anexo 5.**

**Área propuesta para cultivo de tomate.**





## Anexo 6.

Selección de la bomba, ficha técnica (GRUNDFOS) SP7-Bombas sumergibles 4"/6 MS402/MS4000, 2.20KW, esta ficha se usó de referencia para seleccionar la bomba.

### SP 7: BOMBAS SUMERGIBLES DE 4"/6" EN ACERO INOXIDABLE AISI 304

Temperatura del líquido: Máx. +40 °C  
Grado de protección: IP 68 (excepto versión \*\*\* y 3 x 230 V: IP58)  
Otras versiones: Versión N en acero inoxidable AISI 316  
Versión R en acero inoxidable AISI 904L  
MEI: ≥ 0,56



**PRECIO POR UNIDAD COMPLETA: BOMBA + MOTOR + CABLE DE MOTOR**

Bombas trifásicas con motores de 4" (MS402/MS4000) aptas para cable de alimentación con clavija (no es necesaria conexión de cable)

Conexión	Diám. Bomba	Diám. Mot	P [kW]	I <sub>n</sub> [A]		Cable [m]	Modelo	Código		Código		Código	
				1x230V	3x400V			1x230V	Precio	3x230V	Precio	3x400V	Precio
Rp 1½	4"	4"	0,55	5,8	2,2	1,7	SP 7-3**	98 69 91 49	629,00	98 69 91 59	629,00	98 69 91 78	629,00
			0,75	7,5	2,3	1,7	SP 7-5**	98 69 91 50	747,00	98 69 91 60	747,00	98 69 91 69	747,00
			1,10	7,3	3,4	1,7	SP 7-8**	98 69 91 51	908,00	98 69 91 61	908,00	98 69 91 79	908,00
			1,50	10,2	4,2	1,7	SP 7-12**	98 69 91 52	1.128,00	98 69 91 62	1.128,00	98 69 91 80	1.128,00
			2,20	14,0	5,5	1,7	SP 7-17**	98 69 91 53	1.675,00	98 69 91 63	1.428,00	98 69 91 81	1.428,00
			3,00		7,9	1,7	SP 7-23			98 69 91 64	1.957,00	98 69 91 82	1.957,00
			4,00		9,6	1,7	SP 7-27***			98 69 91 65	2.227,00	98 69 91 83	2.227,00
			4,00		9,6	1,7	SP 7-31***			98 69 91 66	2.392,00	98 69 91 84	2.392,00
			5,50		13,0	1,7	SP 7-37			98 69 91 67	2.748,00	98 69 91 96	2.748,00
			5,50		13,0	1,7	SP 7-42			98 69 91 68	2.954,00	98 69 91 97	2.954,00
R2	6"	6"	7,50		18,8	2,5	SP 7-51				98 69 91 98	3.838,00	
			7,50		18,8	2,5	SP 7-59				98 69 91 99	6.290,00	
			5,50		13,4	5,0	SP 7-37			98 69 91 70	3.410,00	98 69 92 07	3.410,00
			5,50		13,4	5,0	SP 7-42			98 69 91 71	3.616,00	98 69 92 08	3.616,00
			7,50		17,2	5,0	SP 7-51			98 69 91 72	4.009,00	98 69 92 09	4.009,00
			7,50		17,2	5,0	SP 7-59			98 69 91 73	6.461,00	98 69 92 10	6.461,00
			9,20		21,0	5,0	SP 7-71			98 69 91 74	7.724,00	98 69 92 11	7.686,00
			11,00		25,0	5,0	SP 7-86			98 69 91 75	9.100,00	98 69 92 12	9.006,00
			13,00		29,0	5,0	SP 7-100			98 69 91 76	8.123,00	98 69 92 13	10.248,00

\*\*Motor monofásico CSCR o CSIR

Motores monofásicos que se vayan a conectar a una unidad de arranque (consulte los accesorios SP)





*Propuesta de un sistema de bombeo solar fotovoltaico para riego por goteo en la finca Concepción comarca Ato viejo  
San Nicolás - Estelí durante el periodo de julio a noviembre del 2017.*

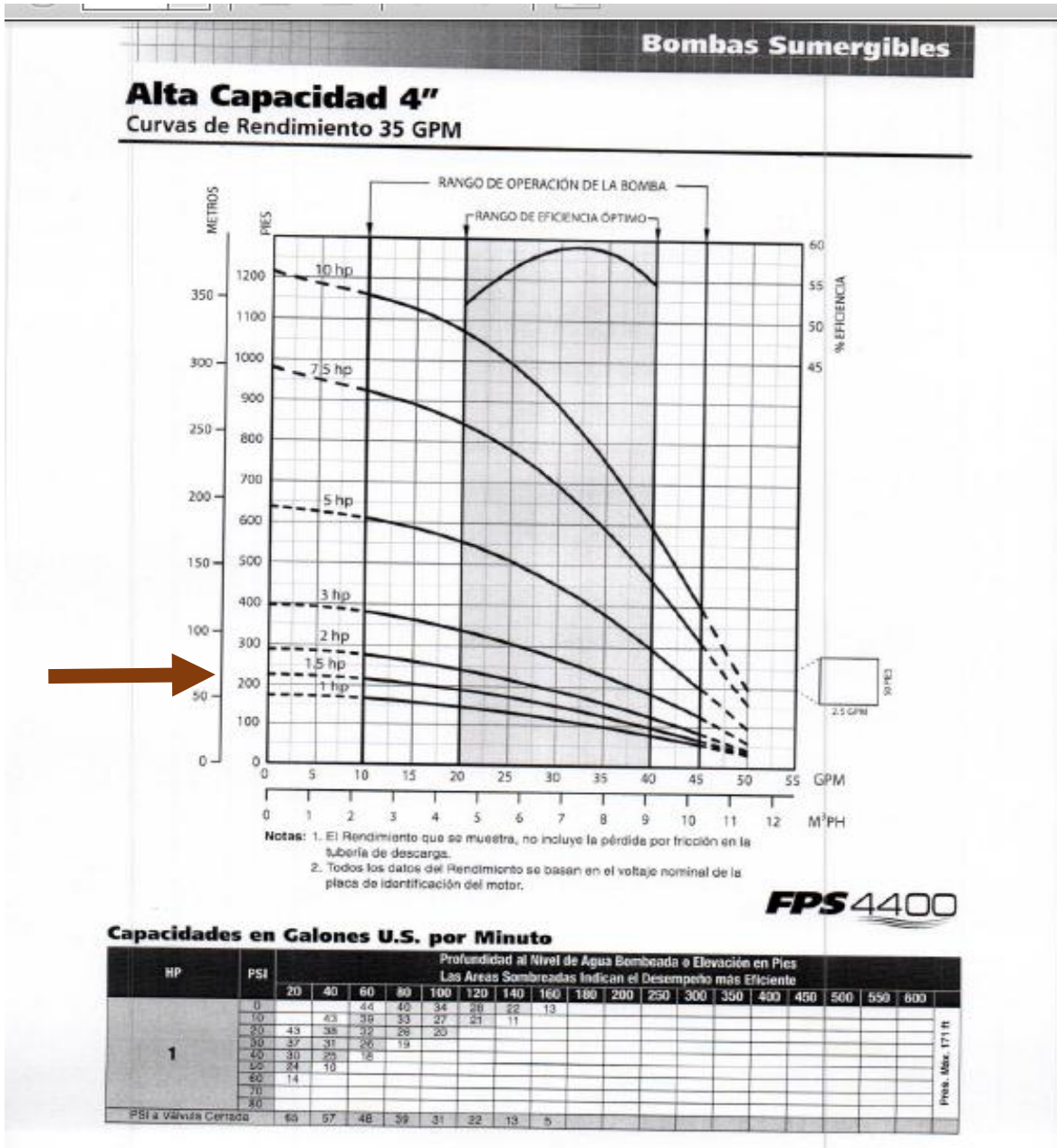
**Anexo 8.**

**Presupuesto general del proyecto.**

PRESUPUESTO SISTEMA DE BOMBEO SOLAR F.V						
Descripción	Cantidad	Precio \$	Descuento	Costos \$	T cambio	Costos C\$
Módulo solar EGE 200W - 12v - 200p - 48v	12	\$ 264.33	8%	\$ 2,918.20	30.9	C\$ 90,172.38
Franklin Electric 1 1/2Hp	1	\$ 717.62	0%	\$ 717.62	30.9	C\$ 22,174.50
Inversor CD/CA SAM 2000w-12v-48v-120/240V	1	\$ 750.75	0%	\$ 750.75	30.9	C\$ 23,198.18
Cable de acero galvanizado 3/16 (m)	27	\$ 16.50		\$ 445.50	30.9	C\$ 13,765.95
TOTAL						C\$ 149,311.01
PRESUPUESTO DE ALMACEN DE AGUA Y ACCESORIOS						
Descripción	Cantidad	Precio \$	Descuento	Costos \$		
Varilla Hierro 3/4	62	C\$ 67.69	0%	C\$ 4,196.78		
Bloque	160	C\$ 20.00	0%	C\$ 3,200.00		
Cemento	40	C\$ 280.00	0%	C\$ 11,200.00		
Alambre de amarre LB	5	C\$ 30.00	0%	C\$ 150.00		
Piedrin m <sup>3</sup>	3	C\$ 300.00	0%	C\$ 900.00		
Mano de obra metro lineal	16	C\$ 1,200.00	0%	C\$ 19,200.00		
Repellon m <sup>2</sup>	48	C\$ 90.00	0%	C\$ 4,320.00		
ACCESORIOS						
Rollo de manguera de 83m	1	C\$ 2,500.00	0%	C\$ 2,500.00		
Codo 90° 2"	3	C\$ 34.00	0%	C\$ 102.00		
Codo de 45°	1	C\$ 110.00	0%	C\$ 110.00		
Válvula antirretorno	1	C\$ 1,190.00	0%	C\$ 1,190.00		
Válvula esclusa totalmente abierta	1	C\$ 772.19	0%	C\$ 772.19		
Cable protoduro N°12 (m)	55	C\$ 75.00	0%	C\$ 4,125.00		
TOTAL						C\$ 51,965.97
PRESUPUESTO TOTAL						
Descripción	Precio C\$	T cambio	Dólar			
Presupuesto de almacen de agua	C\$ 51,965.97	30.9	\$ 1,681.75			
Presupuesto de sistema fotovoltaico y bombeo	C\$ 149,311.01	30.9	\$ 4,832.07			
<b>TOTAL</b>	<b>C\$ 201,276.98</b>	<b>30.9</b>	<b>\$ 6,513.82</b>			

Anexo 9.

Curva de rendimiento de la bomba FRANKLIN ELECTRIC.



Anexo 10.


Características técnicas de la bomba.

<b>Bombas Sumergibles</b>						
<b>Alta Capacidad 4"</b>						
<b>Acero Inoxidable 35-90 GPM</b>						
<b>Información para Pedidos</b>						
<b>Bombas 4" 1 - 10 HP</b>						
GPM	HP	Etapas	Información para Pedidos		Dimensiones	Peso
			No. Modelo	No. Orden	PEA	
35	1	6	35FA1S4-PE	93613506	15.00	9
	1.5	8	35FA1S4-PE	93613508	17.50	10
	2	10	35FA2S4-PE	93613510	20.00	11
	3	14	35FA3S4-PE	93613514	25.00	13
	5	22	35FA5S4-PE	93613522	35.00	17
	7.5	34	35FA7S4-PE	93613534	52.17	25
	10	42	35FA10S4-PE	93613542	62.23	31
45	1.5	6	45FA1S4-PE	93614506	21.00	15
	2	8	45FA2S4-PE	93614508	25.50	16
	3	11	45FA3S4-PE	93614511	32.25	19
	5	18	45FA5S4-PE	93614518	47.75	25
	7.5	26	45FA7S4-PE	93614526	66.25	33
	10	31	45FA10S4-PE	93614531	78.30	38
60	2	6	60FA2S4-PE	93616006	21.00	15
	3	8	60FA3S4-PE	93616008	25.50	17
	5	13	60FA5S4-PE	93616013	36.75	21
	7.5	17	60FA7S4-PE	93616017	45.25	25
	10	24	60FA10S4-PE	93616024	61.00	31
90	2	5	90FA2S4-PE	93619005	22.56	15
	3	7	90FA3S4-PE	93619007	28.56	17
	5	12	90FA5S4-PE	93619012	43.56	21
	7.5	19	90FA7S4-PE	93619019	64.50	27
	10	24	90FA10S4-PE	93619020	79.25	31

Notas: Todas las dimensiones están en pulgadas. Descarga de 2" NPT. Diámetro máximo del guardacable de 3.90" para todos los modelos.  
Peso en libras.

<b>Unidades Monofásicas 1 - 1.5 HP</b>									
GPM	HP	Etapas	Volts	De dos hilos			De tres hilos		
				No. Modelo	No. Orden	Peso	No. Modelo	No. Orden	Peso
35	1	6	230	35FA1S4-2W230	93613606	33	35FA1S4-3W230	93613706	33
	1.5	8	230	35FA1S4-2W230	93613608	41	35FA1S4-3W230	93613708	39
45	1.5	6	230	45FA1S4-2W230	93614606	40	45FA1S4-3W230	93614706	44

Notas: Todo lo enlistado anteriormente tiene descarga de 2" NPT. Las válvulas de retención se ordenan por separado. El motor y la bomba están empaquetados individualmente y requieren ensamblarse.  
Peso en libras.



**Franklin Electric**  
600 East Spring Street, Bluffton, IN 45714  
Tel: 260.824.2900 Fax: 260.824.2909

## Anexo 11.

### Bomba sumergible seleccionada.



The screenshot shows the Franklin Electric website for the Latinoamérica region. The navigation bar includes 'Inicio', 'Productos', 'Más', and 'Contacto'. A search bar is present with the text 'Ingrese su búsqueda...'. The main content area features a sidebar on the left with a category tree: 'I&I Sumergible' (selected), 'Bombas Sumergibles', 'Bombas Turbina Sumergibles', and 'Motores Sumergibles'. Under 'I&I Sumergible', the 'Serie SR' is highlighted. The main content displays two submersible pumps of the SR series. To the right, the 'Serie SR' section includes a description: 'La Serie SR está diseñadas específicamente para aplicaciones municipales e industriales. Proporciona hasta 80% de eficiencia, y es la bomba con más eficiencia en el mercado en su tipo.' Below this, the 'Aplicaciones' section lists various uses in a bulleted format.

**Franklin Electric** Latinoamérica

Inicio Productos Más Contacto Ingrese su búsqueda...

**I&I Sumergible**

Bombas Sumergibles

**Serie SR**

Serie Radial

Serie SSI

Serie FS

Bombas Turbina Sumergibles

Serie STS 5"

Serie STS 6"

Serie STS 8"

Serie STS 9"

Motores Sumergibles

**Serie SR**

La Serie SR está diseñadas específicamente para aplicaciones municipales e industriales. Proporciona hasta 80% de eficiencia, y es la bomba con más eficiencia en el mercado en su tipo.

**Aplicaciones**

- Obras hidráulicas municipales
- Aumento de presión y distribución de agua
- Irrigación y sistemas de riego
- Plantas de tratamiento de agua, filtración y ósmosis inversa
- Enfriamiento y procesos industriales
- Industria minera, drenaje y desagüe
- Industria en general
- Fuentes