

**Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Vicerrectoría de Investigación y Extensión  
Programa de Regionalización  
Informe Final de proyectos Extensión**

**Vicerrectoría de Investigación y Extensión  
Programa de Regionalización Interuniversitaria**

*Nombre del Proyecto: “Diseño, construcción y evaluación de sistemas solares híbridos para ser aplicados en procesos productivos de la región Huetar Norte de Costa Rica”*

*Región: Huetar Norte*

*Coordinador:  
Dr. Cristian Moreira Segura.*

2023

## Tabla de Contenido

Código y Título del proyecto .....	¡Error! Marcador no definido.
Autores y direcciones .....	3
Resumen .....	3
Abstract .....	4
Contextualización del proyecto .....	5
Estrategia de abordaje .....	10
Análisis de resultados .....	11
Ejecución	
Presupuestaria.....	16
Cumplimiento del plan de difusión .....	16
Limitaciones y problemas encontrados .....	19
Observaciones generales y recomendaciones .....	19
Agradecimientos (opcional).....	20
Referencias .....	20
Apéndices (opcional).....	21

**Nombre y código del proyecto: CF1320089**

*"Diseño, construcción y evaluación de sistemas solares híbridos para ser aplicados en procesos productivos de la región Huetar Norte de Costa Rica"*

Autores y direcciones

**Participantes:**

<b>Nombre y Grado Académico</b>		<b>Unidad Académica / Institución</b>	<b>Docente</b>
Dr. Cristian Moreira Segura	Coordinador	DOCINADE-ITCR	Docente
MSc. Guillermo Castro Badilla	Investigador	Electronica CTL San Carlos-ITCR	Docente
Dr. Javier Obando Ulloa	Investigador	Agronomía, CTL San Carlos-ITCR	Docente
Dr. Tomás de Jesús Guzmán Hernández	Investigador	DOCINADE-ITCR	Docente jubilado y contratado

**Inicio:** 1 de enero del 2020

**Finalización:** 31 de diciembre del 2022.

**Resumen**

A la luz de los cambios que se están produciendo a nivel de variabilidad climática y de aumento de gases de efecto invernadero producidas a nivel local, regional e internacional, por las diferentes actividades humanas, así como la actual dependencia de los combustibles fósiles, se debe sustituir las tecnologías productivas existentes, por otras más limpias, seguras e inocuas debido al efecto de la acumulación de los gases de efecto invernadero (GEI) sobre el aumento de la temperatura global.

Por esta razón, existe una necesidad urgente de encontrar nuevas alternativas para mejorar los procesos productivos de los pequeños y medianos productores agropecuarios y agroindustriales con tecnologías limpias con el fin de mitigar de los efectos de los (GEI) en el cambio climático a nivel local y regional.

El objetivo de este trabajo es implementar sistemas térmicos solares híbridos y fotovoltaicos para el procesamiento de diferentes productos en la región Huetar Norte de Costa Rica. La aplicación de estos sistemas en unidades productivas agropecuarias, especialmente lecherías y fincas destinadas al secado de cacao han demostrado que esta tecnología es capaz de suministrar más del 50 % de la energía requerida por los procesos de producción. Además, estos resultados muestran la eficiencia de estos sistemas como un recurso alternativo y de energía limpia para las unidades de producción de Costa Rica, listas para ser usadas eficientemente, lo que a su vez

permite reducir la huella de carbono a nivel local, mejorar la eficiencia de los procesos productivos, así como la calidad de los productos.

Por lo tanto, en la presente propuesta se diseñarán e implementarán sistemas térmicos solares de acuerdo con las necesidades de los productores agropecuarios de la región Huetar Norte, lo que a su vez permitirá a los productores de la región Huetar Norte contar con sistemas productivos sostenibles y amigables con el ambiente y, reducir la huella de carbono de sus sistemas de productivos, lo que representará una ventaja competitiva en los mercados regionales, nacionales e internacionales.

**Palabras clave:** Agroindustria, energía solar, huella de carbono, sistemas fotovoltaicos, sistemas térmicos solares.

### **Abstract**

According to the changes that are occurring in terms of climate variability and the increase in greenhouse gases produced locally, regionally and internationally by different human activities, as well as the current dependence on fossil fuels, existing production technologies must be replaced by other cleaner, safer and more innocuous technologies due to the effect of the accumulation of greenhouse gases (GHG) on the increase in global temperature.

For this reason, there is an urgent need to find new alternatives to improve the productive processes of small and medium agricultural and agroindustrial producers with clean technologies in order to mitigate the effects of GHGs on climate change at the local and regional level.

The objective of this work is to implement hybrid solar thermal and photovoltaic systems for the processing of different products in the Huetar Norte region of Costa Rica. The application of these systems in agricultural production units, especially dairies and cocoa drying farms, has shown that this technology is capable of supplying more than 50% of the energy required by the production processes. Furthermore, these results show the efficiency of these systems as an alternative and clean energy resource for Costa Rican production units, ready to be used efficiently, which in turn allows reducing the carbon footprint at the local level, improving the efficiency of the production processes, as well as the quality of the products.

Therefore, this proposal will design and implement solar thermal systems according to the needs of agricultural producers in the Huetar Norte region, which in turn will allow producers in the Huetar Norte region to have sustainable and environmentally friendly production systems and reduce the carbon footprint of their production systems, which will represent a competitive advantage in regional, national and international markets.

**Key words:** Agribusiness, solar energy, carbon footprint, photovoltaic systems, solar thermal systems.

## Contextualización del proyecto

*Este fue un proyecto complejo que abordó varias áreas de los sectores productivos, a los productores, el sector público, las comunidades y el sector privado. Para ello el abordaje del mismo se desarrolló de acuerdo a cada uno de los actores.*

- **Trabajo con los diferentes actores locales con el fin de fortalecer la participación comunitaria.**

Se fomentó la participación de los productores beneficiarios de cada una de las Asociaciones y cooperativas tales como: Comunidad el cacao de San Luis de Upala, CoopecacaoAfro de Limón, ASOPAC, de la zona Huetar Norte, Coopezaria María-El Jardín R.L., la PYME NORTICO de Turrialba, Municipalidad de Upala y la Cooperativa OSACOOB RL de la zona Sur de Costa Rica, explicando los beneficios de este proyecto a través de la capacitación preliminar sobre la aplicación de las tecnologías térmicas solares y fotovoltaicas en sus actividades productivas. De tal modo que ellos lograran determinar las condiciones propias del secado solar de sus respectivos productos considerando, tiempo, temperatura, peso inicial y final, humedad, etc. para que colaboraran con la estandarización del método y sean jueces evaluadores del producto final, haciendo uso de esta tecnología.

- **Coordinación interinstitucional en cada localidad seleccionada.**

Los formularios de presentación de propuestas se trabajaron entre el TEC, el INDER, el MAG, el CATIE, con los fondos ACTIVA, con los fondos de la propuesta nacional de cacao del IICA y los productores, para ser llevados al Sector Agropecuario de la región y avalados en las instancias propuestas.

Las capacitaciones se realizaron con Comunidad el Cacao de San Luis de Upala, con ASOPAC, CoopecacaoAfro, CEPROMA Talamanca, Asociación de mujeres artesanas afiliadas a Coopezaria María- El Jardín R.L. de Sarapiquí, la PYME NORTICO de Turrialba, OSACOOB RL de la zona Sur, el MAG e INDER con el fin de lograr una mayor participación de los productores de cacao del país.

Un aspecto importante dentro del proyecto lo fue la coordinación con el INDER, para aprobación y trámite del financiamiento del secador de la Comunidad el Cacao de San Luis de Upala. Este aspecto quedó finiquitado, con la entrega a este organismo de los planos del secador solar y un informe relacionado con una evaluación del Dpto. Técnico del INDER. El financiamiento de esta propuesta no fue aprobada, por el INDER, debido a que la comunidad del Cacao de San Luis de Upala, se retiró del proyecto por las siguientes razones:

El INDER, ofreció a esta comunidad el apoyo financiero para construir un secador solar, después de que el Huracán Otto en el año 2015, destruyera todas las instalaciones de los secadores de cacao en la zona.

Después de presentar la propuesta del secador solar en el año 2017, o sea dos años después del huracán y haber sido incluida y aprobada en los POI del INDER, de los años 2018, 2019, no se realizó por parte del INDER ninguna gestión de apoyo real de desembolso al proyecto. En el año 2020, producto de la pandemia, todo estuvo cancelado hasta el año 2021. En el 2022, los productores solicitaron salirse del proyecto.

A través de un proyecto financiado por FITTACORI-MAG se ubicó en la Comunidad de San Luis de Upala un secador solar pasivo que se encuentra funcionando. Anexo 1

Se coordinó con la Cooperativa El Jardín de Azarías de Sarapiquí en Puerto Viejo y el programa Nacional de Cacao del IICA y se consiguió un financiamiento para poder diseñar, construir y poner a disposición de un grupo de mujeres, un secador para tallos de plátano y eventualmente cacao. Anexo 2

Se coordinó con la PYME Nortico de Turrialba y el Programa Activa del CATIE y Banca para el Desarrollo, un proyecto con financiamiento para poder diseñar, construir y poner a punto un secador solar forzado híbrido con un sistema fotovoltaico. Anexo 3.

Se coordinó con la Cooperativa OSACOOOP RL, ubicado en Las Palmas de Puerto Jiménez y la FUNDEPREDI de la UCR, para instalar un secador solar forzado híbrido en esta cooperativa. Anexo 4

Se coordinó con la Hidroeléctrica de Canalete, a través de CoopeGuanacaste, el CNP de la Región Huetar Norte y la Municipalidad de Upala, para hacer un diseño de secador comunitario a cargo de esta municipalidad. Anexo 5.

Giras realizadas:

## 2020

- ✓ Coordinación inicial con el INDER
- ✓ Coordinación con la Empresa Swissol
- ✓ Se realizó la visita a la Cooperativa Jardín Azarías de Puerto Viejo de Sarapiquí, para ubicar el nuevo diseño.
- ✓ Coordinación con ASOPAC, para aplicación de un diseño pequeño de secador solar forzado híbrido con sistema de respaldo de gas LP.
- ✓ Giras de capacitación sobre proceso de secado a los productores
- ✓ La mayor limitante ha sido la imposibilidad de realizar las visitas técnicas a los beneficiarios, debido a la emergencia sanitaria nacional provocada por el COVID-19, de acuerdo con lo establecido en las Resoluciones de Rectoría 156-2020, 162-2020, 169-2020, 177-2020.

## 2021

En este año se han realizado varias reuniones y visitas de trabajo con el CNP, el MAG y el INDER de la región Huetar Norte para poder desarrollar el trabajo del proyecto con el sector público de la zona.

Se realizaron varias visitas de trabajo a Asociaciones, Cooperativas, PYMES y Empresas para poder desarrollar los diseños del proyecto. Entidades visitadas:

- ✓ Hidroeléctrica Canalete de CoopeGuanacaste
- ✓ CoopeGuanacaste, Huacas.
- ✓ Municipalidad de Upala
- ✓ Cooperativa AGAEDRU, de Santa Cecilia de Upala
- ✓ Cooperativa El Jardín de Azarías de Sarapiquí
- ✓ Asociación de productores de la Comunidad El Cacao de San Luis de Upala
- ✓ Empresa SWISSOL
- ✓ Empresa Ecopower
- ✓ Empresa Termisolar
- ✓ Empresa Termosolutions

2022

Actividades de Campo			
Fecha	Lugar	Asistentes	Objetivo de la Visita
I semestre del 2022	OSACOOOP , La Palma de Puerto Jiménez	Equipo del TEC, SWISSOL y la Cooperativa	Ver las necesidades existentes en la Cooperativa con respecto al tema de secado de cacao y analizar un posible diseño de un secador cumpla con dichas los requerimientos mínimos para satisfacerlas dichas necesidades.
I semestre del 2022	Fundación para la Paz y la Democracia TEC	Equipo del TEC y la Fundación	Reuniones con colaboradores de la Fundación para la Paz y la Democracia, FUNPADEM. Quienes están ejecutando un proyecto con las mujeres indígenas de ASOMUN, quienes son procesadoras de cacao. Este proyecto llamado: <i>"Avanzando juntas: Mujeres indígenas Ngäbe organizadas contra la violencia de género y promoción de la independencia económica"</i> , es financiado por el Gobierno de Canadá, a través del Departamento de Asuntos Exteriores, Comercio y Desarrollo y el Fondo Canadiense de Iniciativas Locales. Y nuestro objetivo es el aportar con el diseño de un secador de cacao para ASOMUN.
I semestre del 2022	Turrialba	TEC y SWISSOL	NORTICO, ajustes del equipo para eliminar humedad interna
I semestre del 2022	CTL, San Carlos.	TEC y Fundación para la Paz y la Democracia	Visita de 2 arquitectas interesadas en conocer sobre los sistemas de secado que se encuentran en las instalaciones del ITCR en San Carlos.
I semestre del 2022	CTL, San Carlos.	Finca La Tortuga en Talamanca, Limón	Visita del empresario francés Gerald Sibourd-Baudry

### Estrategias de campo.

- Se realizaron reuniones de trabajo previas con los productores y el INDER y el MAG, para hacer la selección de los lugares específicos en donde se trabajará en cada caso y realizar los cálculos de cada diseño.
- Diseño e implementación o extensión de sistemas solares de calentamiento de aire forzado híbrido, a través de sistemas térmicos y fotovoltaicos en los lugares seleccionados de la Asociación de mujeres artesanas afiliadas a Coopeazaria María- El Jardín R.L. de Sarapiquí, Puerto Viejo, PYME Nortico y OSACCOOP RL de la zona Sur. NO se aplicó en la Comunidad del Cacao de San Luis de Upala, en esta última se instaló un secador solar pasivo con financiamiento de FITTACORI. Como se muestra en el cuadro No 1.

Cuadro No 1. Sistemas diseñados e/o instalados o diseñados.

Sistema térmico implementado	Asociación beneficiaria	Número de sistemas por implementar	Lugar	Costo por sistema (₡)	Comentarios
Secador solar híbrido forzado con tres sistemas agua y aire caliente	Comunidad El Cacao de San Luis de Upala	0	Upala	0	El INDER a pesar de haber aprobado el presupuesto no lo financió
Sistema de utilización de energía residual para secado con la hidroeléctrica Canaleta, de Coopeguanacaste Sistema híbrido forzado combinado	Municipalidad de Upala	0	Upala	0	Esta a nivel de diseño.
Secador solar pasivo	Comunidad El Cacao de San Luis de Upala	1		₡ 3 000 000.00	Proyecto FITTACORI-MAG
Secador solar fotovoltaico híbrido para pseudotallo de plátano	El Jardín de Zapote de Sarapiquí	1	Puerto Viejo	₡ 3 135 000.00	El financiamiento se consiguió en el Programa Nacional de cacao del IICA
Secador solar híbrido forzado con tres sistemas	OSACCOOP RL, ubicado en Las	1	Puerto Jimenez	₡ 17 100 000.00	El financiamiento se consiguió con la FUNDACION

agua y aire caliente	Palmas de Puerto Jiménez				de la UCR FINDEPREDI
Secador solar fotovoltaico híbrido para cacao	PYME - NORTICO	1	Turrialba	₡ 8 550 000.00	El financiamiento se consiguió con los fondos ACTIVA del CATIE y Banca para el Desarrollo de Costa Rica
Total, de aportes al proyecto con fondos externos				₡ 31 785 000.00	

- Se organizó el análisis, de la infraestructura de captación de datos, para la gestión/ producción de energía/consumo de los sistemas térmicos a través de datalogger en cada Instalación, para medir agua y aire caliente.
- Se instalaron los sistemas de monitoreo a través de termopares en un sistema computarizado inalámbrico de transmisión de datos.
- Se ha logrado la toma de datos a través de los productores, no así, a través del equipo del TEC, por que no se pudieron hacer las giras programadas a cada lugar.
- El monitoreo, de variables del sistema, deben ser: iluminación, nubosidad, horas de luz, radiación solar directa y difusa, masa de aire calentado, temperatura del aire a la entrada y a la salida del sistema.

Medición de indicadores y variables. Esta parte del proyecto no se pudo realizar por parte del equipo del TEC, primero por la Pandemia y después por la falta de recursos para las giras.

- Masa de aire caliente seco / aire caliente captada por el sol.
- Diferencial (ahorro) con electricidad del sistema en función del uso de los sistemas solares.
- Balance energético de los sistemas en función de la zona.
- Cálculo de la eficiencia energética y la disminución de los costos de producción.
- Estudio comparativo entre unidades con sistemas y sin sistemas solares.
- Cálculo de la disminución o la mitigación de la huella de carbono, mediante el producto del valor de la energía anual ahorrada (KWh), medida por el sistema y el valor medio de Kg de CO<sub>2</sub> emitidos en la generación eléctrica en Costa Rica proporcionados anualmente por la International Agency of Energy (IAE, por sus siglas en inglés).
- Funcionabilidad de los sistemas y monitoreo constante de los mismos.
- Establecimiento de las condiciones de procesado de según el producto en un manual que se elaborará en conjunto con los beneficiarios directos del proyecto.

### **Estrategia de apropiación social del conocimiento**

Se realizaron una serie de actividades de capacitación y de intercambio de experiencias con los beneficiarios del proyecto. Además, los resultados de este proyecto se han divulgado de diferentes formas, a saber:

- Capacitaciones en las Universidades relacionados con los procesos de vinculación en cada cooperativa, asociación y PYMES, con la participación de los productores, el sector público y los estudiantes participantes.

- Dos simposios internacionales relacionados con el tema en el marco del tiempo del proyecto de Agua y Energía.
- Publicación de los resultados en la web de los proyectos
- Publicación de artículos en revistas técnicas divulgativas, indexadas
- Participación en eventos, seminarios, congreso nacionales e internacionales.

### **Estrategia de abordaje**

La estrategia de abordaje estaba establecida en los propios objetivos del proyecto y fueron:

- Capacitación a productores, PYMES, Asociaciones, sector público y privado sobre estas tecnologías y sus bondades en el uso eficiente de la energía y el ahorro energético de las unidades de producción.
- Visitas programadas de diferentes productores, PYMES, Asociaciones, sector público y privado, a las instalaciones construidas de antemano, ofreciendo datos y forma de funcionamiento, así como conversando con los beneficiarios de estas instalaciones, que a su vez son también productores, campesinos y asociaciones.
- Participación en Seminarios, Congresos, y actividades científicas nacionales y extranjeras, para lograr mostrar resultados y su impacto en los sistemas productivos locales.
- Publicaciones en revistas nacionales y extranjeras con indexación o no, así como las publicaciones en Memorias de eventos.

## Análisis de resultados

Logro del propósito y los componentes:

<b>Propósito:</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Indicador</b>	<b>% de logro</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Objetivo 1</b> Diseñar sistemas tecnológicos de captación térmica solar para el calentamiento de aire y agua en sistemas híbridos	Sistemas diseñados e instalados	75	Se pudieron construir cuatro sistemas y el quinto no se pudo, por los atrasos del INDER y la definición de los productores de salirse del proyecto
<b>Objetivo 2</b> Validar los sistemas de captación a través del registro y evaluación de las diferentes variables con respecto de las técnicas tradicionales aplicadas en la zona Huetar Norte.	Evaluación de los sistemas	50	Se han evaluado por parte de los productores, sus propias instalaciones. Faltó la evaluación del TEC debido a problemas concretos de no poder realizar las muchas de las giras programadas, por efecto COVID
<b>Objetivo 3</b> Transferir los resultados a través de un programa de capacitación y formación a productores, empresarios y estudiantes sobre el uso de sistemas térmicos solares en los procesos de secado de semillas.	Se transfieren los resultados a una comunidad, dos cooperativas y una PYME. Se incorporó al final del proyecto una cooperativa cafetalera en San Vito de Coto Brus	100	Se capacitaron a todos los productores a través de giras, seminarios y visitas

ACTIVIDADES PROPUESTAS				
Propósitos / Componentes	Actividad	Productos del Objetivo	Porcentaje de cumplimiento o 1% -100%	Justificación
<p>Objetivo 1</p> <p>Diseñar sistemas tecnológicos de captación térmica solar para el calentamiento de aire y agua en sistemas híbridos</p>	1.Diseño del secador solar fotovoltaico en Azaría de Puerto Viejo de Sarapiquí	Cumplido. Instalación y funcionamiento de al menos tres módulos	100	Se diseñó, construyó y se encuentra funcionando.
	2.Diseño del secador solar fotovoltaico en Turrialba Nortico	forzados híbridos de secado de aire caliente agua y su complementación con paneles solares fotovoltaicos	100	Se diseñó, construyó y se encuentra funcionando. Se le diseñaron modificaciones y se instalaron.
	3.Diseño del secador solar en la Comunidad de El Cacao de San Luis de Upala.	No cumplido por el INDER. Cumplido por el ITCR	0	Se diseñó y se ENTREGÓ TODO AL INDER por parte del TEC. Al final los productores se quitaron del proyecto por los atrasos del INDER. No se construyó el secador
	4.Secador solar pasivo en la Comunidad de El Cacao de San Luis de Upala.	Cumplido	100	Esta aplicación se pudo lograr gracias un financiamiento externo de FITTACORIMAG
	5.diseño del secador a instalar en OSACOOPL, ubicado en Las Palmas de Puerto	Cumplido	100	Diseño listo y en espera de construcción y ponerlo en

	Jiménez			funcionamiento
Objetivo 2  Validar los sistemas de captación a través del registro y evaluación de las diferentes variables con respecto de las técnicas tradicionales aplicadas en la zona Huetar Norte.	1. Productores participantes. 2. Azaria 3. Nortico	Se han instalado los equipos de medición y se encuentran en ejecución.	50	Se han estado evaluando por parte de los productores los secadores instalados
	2. Cuatro sistemas instalados	Cuatro sistemas funcionando	50	Las evaluaciones de funcionamiento las hicieron los productores, el TEC apenas comenzó hacerlas, pero no pudo continuar. Efecto COVID
Objetivo 3  Transferir los resultados a través de un programa de capacitación y formación a productores, empresarios y estudiantes sobre el uso de sistemas térmicos solares en los procesos de secado de semillas.	1. Se han desarrollado visitas guiadas al TEC y los secadores instalados en la zona Norte	Listas de productores y empresarios participantes en todos los procesos de visita y capacitación	100	Actividad cumplida y en proceso de avance
	2. Se han capacitado a varios productores, empresarios y otras instituciones. Realizando más de 7 actividades que han generado nuevos desarrollos		70	Actividad cumplida y en proceso de avance
	1. Se han estado transfiriendo los resultados más allá de la zona Norte.		100	Actividad cumplida y en proceso de avance

Logros del proyecto, relacionado con los diseños, la construcción y búsqueda de recursos externos.

<b>Sistema térmico implementado</b>	<b>Asociación beneficiaria</b>	<b>Número de sistemas por implementar</b>	<b>Lugar</b>	<b>Costo por sistema (C)</b>	<b>Comentarios</b>
Secador solar hibrido forzado con tres sistemas agua y aire caliente	Comunidad El Cacao de San Luis de Upala	0	Upala	0	El INDER a pesar de haber aprobado el presupuesto no lo financió
Secador combinado con aire residual y sistema solar. Municipalidad de Upala	Upala	0	Upala	0	En diseño
Secador solar pasivo	Comunidad El Cacao de San Luis de Upala	1		C 3 000 000.00	Proyecto FITTACORI-MAG
Secador solar fotovoltaico híbrido para pseudotallo de plátano y cacao	El Jardín de Zapote de Sarapiquí	1	Puerto Viejo	C 3 135 000.00	El financiamiento se consiguió en el Programa Nacional de cacao del IICA
Secador solar hibrido forzado con tres sistemas agua y aire caliente	OSACCOOP RL, ubicado en Las Palmas de Puerto Jiménez	1	Puerto Jimenez	C 17 100 000.00	El financiamiento se consiguió con la FUNDACION de la UCR FINDEPREDI
Secador solar fotovoltaico híbrido para cacao	PYME - NORTICO	1	Turrialba	C 8 550 000.00	El financiamiento se consiguió con los fondos

					ACTIVA del CATIE y Banca para el Desarrollo de Costa Rica
Total, de aportes al proyecto con fondos externos				₡ 31 785 000.00	

### Integración de la academia:

Refiérase a las acciones realizadas durante la ejecución del proyecto orientadas a integrar las funciones sustantivas de la universidad, haciendo especial referencia a la docencia y a la participación estudiantil en sus diferentes condiciones.

Para tal efecto se recomienda utilizar las siguientes tablas:

### Asistencias Estudiantiles

Nombre del estudiante	Carrera	Actividades realizadas
Daniel Chavarría Vargas	Ingeniería Electrónica	Trabajo final de graduación
Víctor Javier Chavarría Arroyo	Ingeniería Electrónica	Trabajo final de graduación
Pablo José Molina Hernández	Ingeniería Electrónica	Trabajo final de graduación

### Trabajos de Grado y Postgrado

Nombre de obra	Tipo de obra (TFG, prácticas de especialidad, Tesis)	Autores	Enlace al documento
“Diseño e implementación de un sistema automático de control para la regulación de condiciones internas de un	TFG de grado	Pablo José Molina Hernández	

secador de granos”			
“Diseño para un sistema de secado de productos agrícolas que aproveche el aire residual proveniente del enfriamiento de turbinas en una Hidroeléctrica”	TFG de grado	Daniel Chavarría Vargas	
“Implementación de un sistema fotovoltaico para el mejoramiento de la eficiencia de un secador solar pasivo”	TFG de grado	Víctor Javier Chavarría Arroyo	

### Cumplimiento del plan de difusión

Nombre de obra	Tipo de obra	Estado (aceptado por publicar y publicado)	Base de datos de indexación	Nombre de Evento	Contó con Comité científico (Si ó NO)
“Diseño e implementación de un sistema automático de control para la regulación y monitoreo de las condiciones internas del secador solar térmico forzado híbrido”.	Artículo Tecnología en Marcha. 2022. 35-3	Publicado	Scielo	-	Si
“Nuevo diseño y aplicación para secadores solares activos y pasivos en la región Huetar Norte de Costa Rica”. Tecnología en Marcha.	Artículo Tecnología en Marcha. Julio-Setiembre 2022	Publicado	Scielo	-	Si

“Análisis costo-beneficio del aprovechamiento y la recirculación de los residuos en un sistema productivo de cacao: estudio de caso”. Tecnología en Marcha.	Artículo Tecnología en Marcha. Vol. 35, N.º 1, enero-marzo 2022.	Publicado	Scielo	-	Si
“Innovación tecnológica y emprendimientos solares fotovoltaicos en sistemas productivos agropecuarios”. Memorias evento	Ponencia en evento y artículo  USAC-CONARE-CSUCA.2022.	Publicado	Memorias	USAC-CONARE-CSUCA.2022.	Si
“Rediseño y evaluación de tecnologías basadas en un secador híbrido solar como alternativa a los sistemas tradicionales de secado en unidades de producción agropecuarias en la zona Huetar Norte de Costa Rica”. Revista CONSYCSA-UNAM. México.	Artículo  Revista CONSYCSA-UNAM. México.	Publicado	Memorias Segundo Congreso Nacional de Secado, Cocción y Refrigeración Solar de Alimentos (CoNSyCSA-2021).	Evento CONSYCSA-UNAM. México.	Si
“Aplicación de tecnologías solares en los agroecosistemas productivos agropecuarios y agroindustriales en la zona Huetar Norte de Costa Rica. Programa local piloto”. Revista divulgativa, Universidad de Pamplona-Colombia	Ponencia en evento y artículo  Revista divulgativa, Universidad de Pamplona-Colombia	Publicado	Memorias del Evento de Agroecología	Evento en Colombia	Si
Design of a Hybrid Forced Dryer Using Waste Air from a Hydroelectric Plant with a Solar Support System in Costa Rica	Ponencia en evento y artículo  Memorias ATINER	Atenas,Grecia,	15th Annual International Symposium on Agricultural Research 11-14 July 2022, Athens, Greece on the	Evento en Grecia	Si

			topic of		
"TECNOLOGÍAS SOLARES APLICADAS EN AGROECOSISTEMAS EN LA REGIÓN HUETAR NORTE DE COSTA RICA."	Ponencia en evento y artículo  Memorias	UNAM-México	Tercer Congreso Nacional de Secado, Cocción y Refrigeración Solar de Alimentos (CoNSyCSA-2022).	Evento UNAM-México	Si

### Ejecución Presupuestaria:

CF Codigo	Objeto Gasto	Descripción	Presupuesto Ordinario	Modificaciones	Total Presupuestado	Disponibile	%Ejecución
132089	2-01-99-01	Otros productos químicos y conexos	0.00	450,500.00	450,500.00	<b>4,785.00</b>	98.94
132089	2-03-01-01	Materiales y productos metálicos	0.00	120,000.00	120,000.00	<b>0.00</b>	100.00
132089	2-03-02-01	Materiales y productos minerales y asfálticos	0.00	6,504.45	6,504.45	<b>0.00</b>	100.00
132089	2-03-04-01	Materiales y productos electricos - telefónicos y de cómputo	0.00	53,333.34	53,333.34	<b>0.00</b>	100.00
132089	2-03-06-01	Materiales y productos de plástico	0.00	16,134.77	16,134.77	<b>0.00</b>	100.00
132089	2-04-02-01	Repuestos y accesorios	0.00	10,353.95	10,353.95	<b>0.00</b>	100.00
132089	9-05-10-01	Servicios Internos Unidad de Transportes	0.00	893,173.49	893,173.49	<b>7.49</b>	100.00

Como se observa el porcentaje de la ejecución presupuestaria que se logró en el proyecto fue del 100 %.

### **Limitaciones y problemas encontrados**

- La mayor limitante ha sido la imposibilidad de realizar las visitas técnicas a los beneficiarios, debido a la emergencia sanitaria nacional provocada por el COVID-19, de acuerdo con lo establecido en las Resoluciones de Rectoría 156-2020, 162-2020, 169-2020, 177-2020 y el propio gobierno de la República.
- Durante la ejecución del proyecto hemos confrontado serias dificultades con el uso de los presupuestos, los cuales fueron resueltos a partir de una conversación personal con el señor Vicerrector de Investigación y Extensión.
- Los equipos instalados no se han podido evaluar "in situ", para disponer de datos y actividad de funcionamiento por limitaciones en las giras y en los presupuestos. No ha sido posible realizar todas las capacitaciones y las evaluaciones de los sistemas, no obstante, los productores si han logrado obtener mediciones.
- El TEC no pudo hacer mediciones de ninguno de los equipos instalados, por efecto COVID.
- Dentro de los diseños se tenía la necesidad de mejorar un fermentador en el TEC, que por razones de la no movilidad por el COVID 19, no se pudo realizar, así como con el uso de los presupuestos fue bastante limitado.

### **Observaciones generales y recomendaciones.**

Quedaron pendientes varias tareas tales como:

- Reunión de trabajo con la Municipalidad de Upala y la Hidroeléctrica de Canalete, para mostrar el diseño de la planta de secado, haciendo uso de energía residual de esta Instalación de energía renovable.
- Reunión de trabajo en Huacas en CoopeGuanacaste, para los mismos propósitos que en la Municipalidad de Upala.
- Se tuvo una seria afectación en el uso de los presupuestos institucionales.

- Los factores positivos en el proyecto, fue el lograr serios financiamientos externos, de diferentes fuentes, tales como FITTACORI, Programa Nacional de Cacao del IICA, y FUNDEPREDI-UCR.
- El trabajo que se realizó fue muy interdisciplinario y conjugó, academia, sector productivo público y privado, así como sector financiero nacional con el proyecto de ACTIVA del CATIE con Banca del Desarrollo.

### **Agradecimientos (opcional)**

- Se agradece el apoyo recibido por diferentes organizaciones, ONGs y otros fondos, que permitieron lograr la construcción, el montaje y puesta en marcha de varios sistemas de secado en el país, sobrepasando la zona Huetar Norte.
- Se agradece los aportes de FITTACRI, Programa Nacional de Cacao del IICA, de los Fondos Activa del CATIE y de Banca para el Desarrollo.
- Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación del TEC por la aprobación del proyecto y las horas asignadas a los investigadores.

### **Referencias**

Informe parcial a la VIE. Proyecto: INFORME AVANCE: “Diseño, construcción y evaluación de sistemas solares híbridos para ser aplicados en procesos productivos de la región Huetar Norte de Costa Rica”.2020

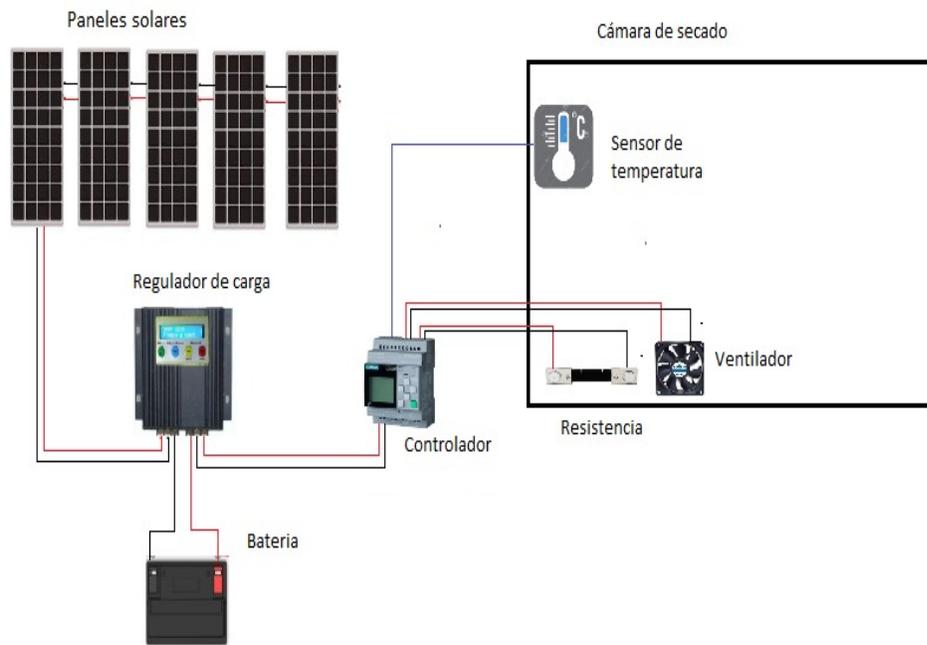
Informe parcial a la VIE. Proyecto: INFORME AVANCE: “Diseño, construcción y evaluación de sistemas solares híbridos para ser aplicados en procesos productivos de la región Huetar Norte de Costa Rica”.2021

Informe parcial a la VIE. Proyecto: INFORME AVANCE: “Diseño, construcción y evaluación de sistemas solares híbridos para ser aplicados en procesos productivos de la región Huetar Norte de Costa Rica”.2022

## Apéndices

Anexo 1. Secador solar pasivo Comunidad El Cacao de San Luis de Upala. Región Huetar Norte. Financiado por FITTACORI-MAG





Anexo 2. Secador solar híbrido fotovoltaico, en la Cooperativa del Jardín de Azarías de Sarapiquí. Puerto Viejo. Secado de tallos de plátano y eventualmente cacao. Financiado por el Programa Nacional de cacao del IICA.

### Instalación del sistema térmico solar en la comunidad El Jardín de Azarías de Zapote de Sarapiquí



### Sistema térmico solar híbrido para el secado de fibra de plátano instalado en la comunidad El Jardín de Azarías de Zapote de Sarapiquí

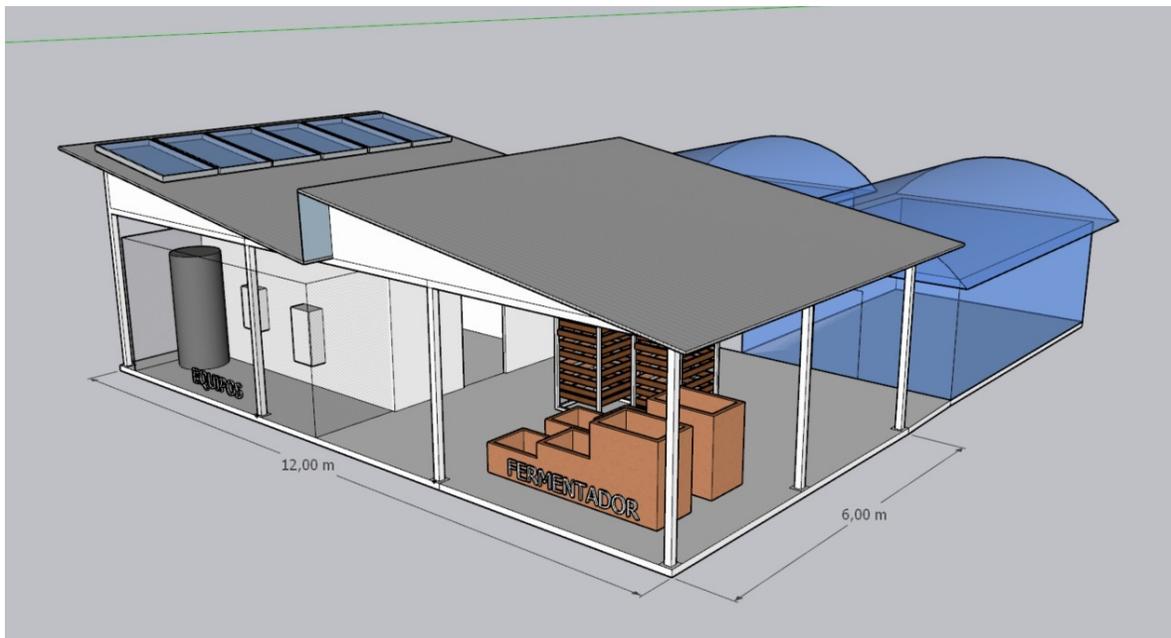


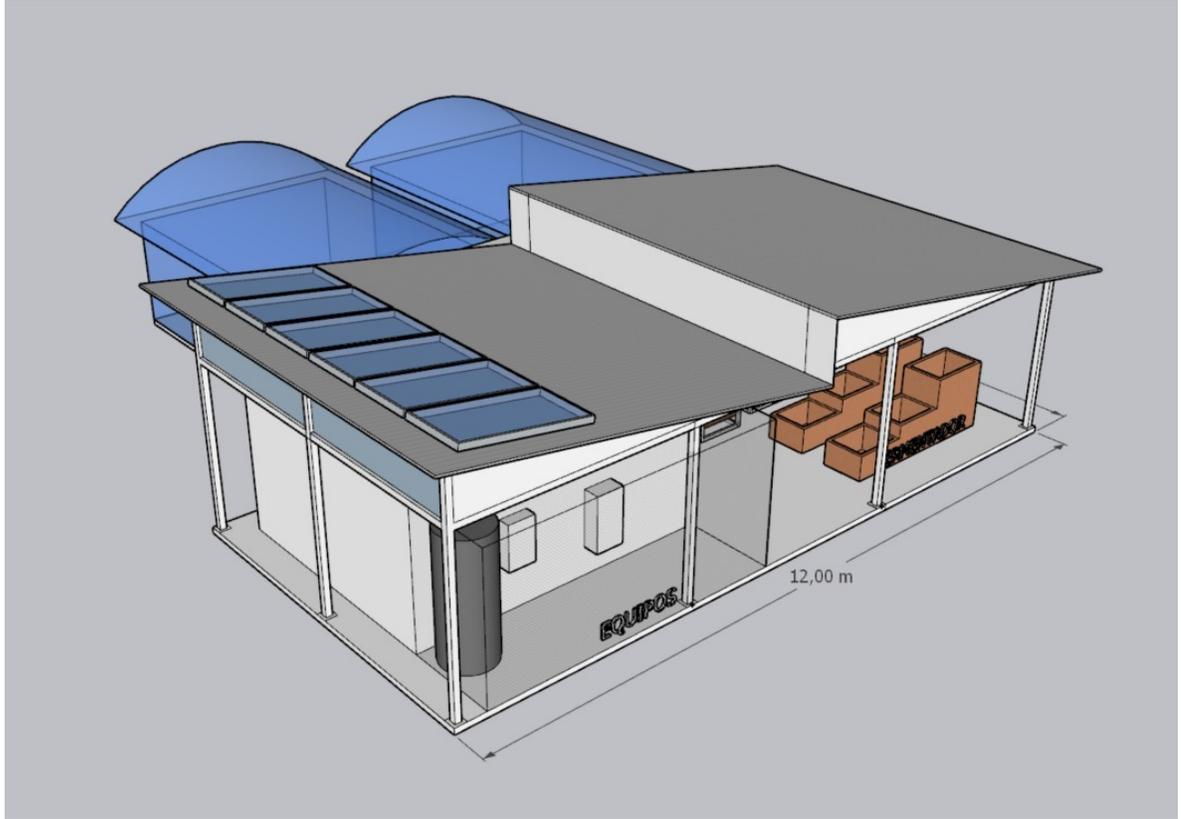
**Anexo 3. Secador solar fotovoltaico hibrido, para secar cacao. Financiado por el fondo Activa del CATIE y Banca de Desarrollo.**





**Anexo 4. Secador solar híbrido forzado con aire y agua caliente en OSACOOOP RL,**  
ubicado en Las Palmas de Puerto Jiménez, financiado por la FUNDEPREDI de la  
Universidad de Costa Rica.

















Anexo 5. Sistema para ser usado como secador híbrido en la combinación MAG-CNP-Municipalidad de Upala- Coopeguanacaste de Canalete. Se adjuntan planos

