



INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

COORDINACIÓN DE SISTEMAS HÍDRICOS

SUBCOORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E INFRAESTRUCTURA VERDE

INFORME FINAL DEL PROYECTO CH2413.1: SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA: MODELOS EXPERIMENTALES DE INFRAESTRUCTURA VERDE

Participantes:

Antúñez Leyva, Edgar

Figueroa Mendiola, Juan Manuel (**Jefe de proyecto**)

Gema Alín, Martínez Ocampo.

González Correa, Cecilia

Llaguno Gilberto, Oscar Jesús

López López, Edgar Eduardo

López Vázquez, Alejandro

Medina Mendoza, Raúl

Morales Rayo, Jomaelah

Mundo Molina, José Alfredo

Robles Rubio, Braulio

Rodríguez Rincón, Juan Pablo

Julio de 2024





Contenido

Antecedentes.....4

1. MANTENIMIENTO DE LA CASA ECOLOGICA SEMI URBANA..... 5

2. SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS15

Sistema para la toma de registros de nivel.....15

Funcionamiento.....16

Conclusiones:.....17

3. ANALISIS HIDROLOGICO PARA ZANJAS DE INFILTRACIÓN.....18

Levantamiento fotogramétrico con dron en las instalaciones del instituto mexicano de tecnología.....18

Objetivos del levantamiento.....18

Zona del levantamiento.....18

Metodología18

Equipo19

Resultados22

Procesamiento de imágenes.....24

Diseño de zanjas de infiltración- retención de agua en zona de jardín de lluvia.....26

Parámetros fisiográficos y geomorfológicos de las subcuencas.....32

Cuenca C134

Cuenca C2.....35

Cuenca C3.....37

Cuenca C4.....39

Cuenca C5.....41

Análisis hidráulico de la zona de estudio43

.....48

Conclusiones.....51

1 Bibliografía51

4. REUTILIZACIÓN DE AGUA DEL HUMEDAL PARA RIEGO DE JARDÍN DE LLUVIA.....52

5. REGISTRO Y ANÁLISIS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS..... 59





Equipos de medición y registro de variables meteorológicas..... 59

Mediciones, registro y análisis de Lluvia.....71

Mediciones de Precipitación Pluvial.....71

Mediciones, registro y comportamiento térmico, en las casas ecológicas.....81

Confort Higrotérmico.....81

Gráficas del comportamiento térmico de la Casa Ecológica Urbana, en 2024.. 86

Conclusiones..... 120

6. SEÑALÉTICA PARA LAS CASAS ECOLÓGICAS..... 121

7. REUBICACIÓN DE CALENTADOR SOLAR..... 128

8. ANEXOS..... 130

Datos de cisterna capuchino..... 130

Planos de las soluciones basadas en la naturaleza..... 131





Antecedentes.

Durante el proyecto titulado “Rehabilitación de los modelos experimentales de casas ecológicas del IMTA” (clave: CH2311.1), desarrollado en el año 2023, se llevó a cabo la rehabilitación de la casa ecológica rural. Como parte de las actividades, se elaboraron los presupuestos correspondientes tanto de las viviendas como de algunas de las ecotecnologías implementadas por el IMTA. Adicionalmente, se realizaron mediciones detalladas del comportamiento técnico de las casas ecológicas, incluyendo una estación expuesta a condiciones de intemperie.

Como parte de las actividades desarrolladas durante el proyecto de este año, se llevó a cabo la rehabilitación del interior de la casa ecológica semiurbana, con especial atención en los muros más deteriorados. Asimismo, se dio continuidad a las mediciones realizadas en las estaciones meteorológicas. También se elaboraron planos detallados de las ecotecnologías existentes y se propusieron nuevas estrategias, tales como la reutilización del agua tratada del humedal para el riego del jardín de lluvia durante la temporada de estiaje, así como la implementación de zanjas de infiltración en las áreas cercanas a la casa semiurbana. Estas soluciones basadas en la naturaleza están diseñadas para facilitar el monitoreo y permitir el desarrollo de proyectos a diferentes escalas.





1. MANTENIMIENTO DE LA CASA ECOLOGICA SEMI URBANA.

Debido a las lluvias en los años anteriores, la casa semiurbana, ubicada dentro de las instalaciones del IMTA había sufrido daños, los cuales se observaban en los muros, los cuales tenían humedad y salitre ver Figura 1 y Figura 2. Debido a lo anterior, los muros daban mala imagen para los recorridos que se realizan a los visitantes (ver Figura 3 y Figura 4), es por ello que se decidió hacer la reparación de los muros, y la rehabilitación del tabicón con apariencia de Sillar.



Figura 1: Muro de recamara principal, dañado

La reparación se llevó a cabo, realizando el cepillado y raspado de muros con espátula, donde se retiró la pintura alzada por la humedad, así como lo descarapelado de cada block, ver Figura 5, Figura 6 y Figura 7 . Posteriormente se realiza la reparación de block por block, con una mezcla del material retirado, cal y un poco de cemento, y con una espátula se le va dando forma ver Figura 8.





Figura 2: Muro dañado de recamara



Figura 3: Muro dañado en el área de la sala.





Figura 4: Vista de muros dañados de cocina y comedor.



Figura 5: Retiro de material dañado del muro en cuarto principal





Figura 6: Retiro de material dañado del muro de cuarto secundario



Figura 7: Retiro de material dañado en el área de cocina, comedor y sala.





Figura 8: Inicio de reparación de muros.

La reparación de los muros de la casa ecológica se empezó por los cuartos y posteriormente se realizó en el área de la cocina sala y comedor. En las Figura 9 y Figura 10 se observa el proceso de reparación del cuarto principal, mientras que en las Figura 11 y Figura 12 se observa el proceso de reparación de la recamara secundaria. Por otro lado, la reparación finalizada de ambos cuartos se pueden observar en la Figura 13 y Figura 14, dichos cuartos se tomaron en cuenta debido a que eran los más dañados.

Una vez finalizada la reparación de los cuartos se procedió a la reparación del área de cocina, comedor y sala en donde se comenzó por reparar el muro pegado a la cocina integral, ver Figura 15, una vez finalizado el trabajo del muro se observa el cambio, ver Figura 16. Al terminar la reparación del muro anterior se realizó la reparación de los muros del área del comedor y sala, en la Figura 17 se observa el proceso de reparación, mientras que en la Figura 18 se observan los muros reparados con los muebles nuevamente en su lugar. Con estos trabajos se culminó la reparación del interior, sólo faltando de reparar el cuarto pegado al baño y el baño completo de la casa, así como el exterior de la casa que necesita mantenimiento, pero por tiempo y presupuesto se dejan para otra etapa.



Figura 9: Reparación de muro en recamara principal.



Figura 10: Proceso de reparación del muro.





Figura 11: Proceso de reparación del cuarto secundario



Figura 12: Reparación de block aparente en recamara secundaria.





Figura 13: Reparación de muro de recamara principal terminado.



Figura 14: Reparación de recamara secundaria terminado.





Figura 15: Muro dañado de la cocina.



Figura 16: Muro del área de cocina reparado.





Figura 17: Proceso de reparación del Muro



Figura 18: Reparación finalizada de muros en área sala comedor.



2. SISTEMA DE ADQUISICION DE DATOS

En el 2023 como parte de la rehabilitación de las casas ecológicas se desarrolló un prototipo de medición para las cisternas, el prototipo del dispositivo para medición de nivel se constaba una tarjeta programable Arduino MEGA y un sensor de distancia, la tarjeta recopila la información y la almacena en una tarjeta micro SD. El dispositivo de medición está compuesto por una cápsula que da soporte y protección al circuito y a una tarjeta PCB diseñada para interconectar los componentes electrónicos.

EL Arduino Mega, además llevo a una serie de modificaciones como una programación más compacta y un circuito más limpio de conexiones susceptible a fallas.

Sistema para la toma de registros de nivel

El circuito se muestra a continuación en la Figura 19

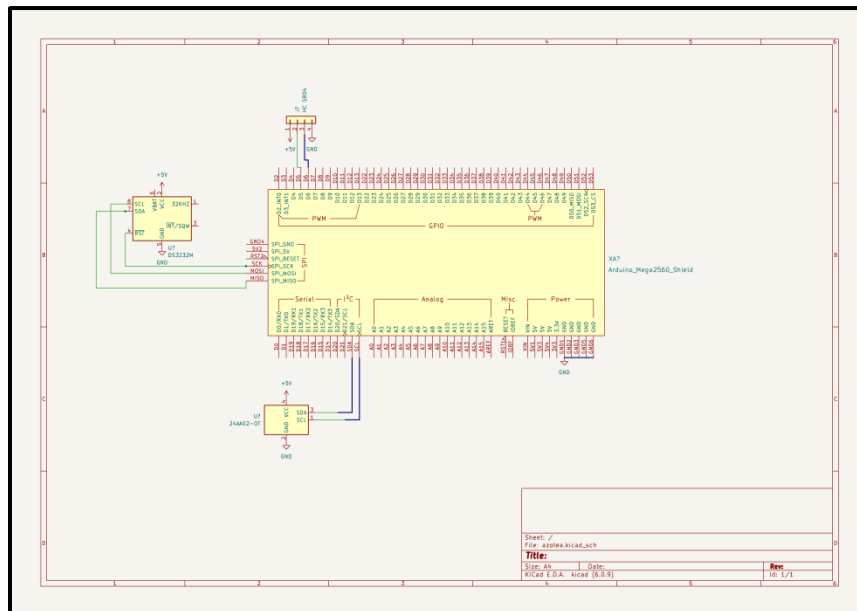


Figura 19: Diagrama esquemático

La experiencia de la rápida corrosión de los sensores dentro de las cajas plexo obligo a uso de una resina dieléctrica para proteger la circuitería a la exposición constante de humedad, ver Figura 20.

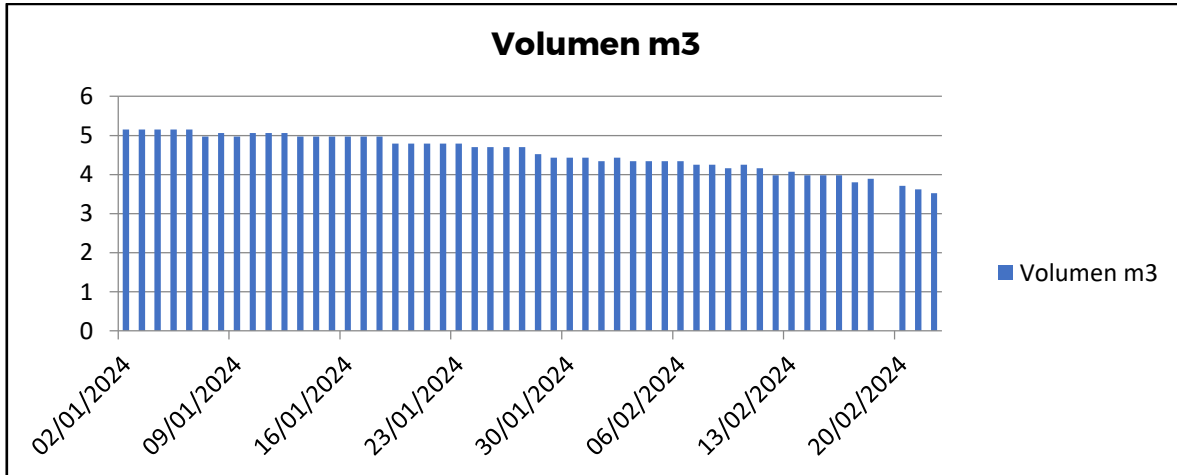


Figura 20: Resina PP 70/60 y su catalizador para proteger de la humedad los sensores.

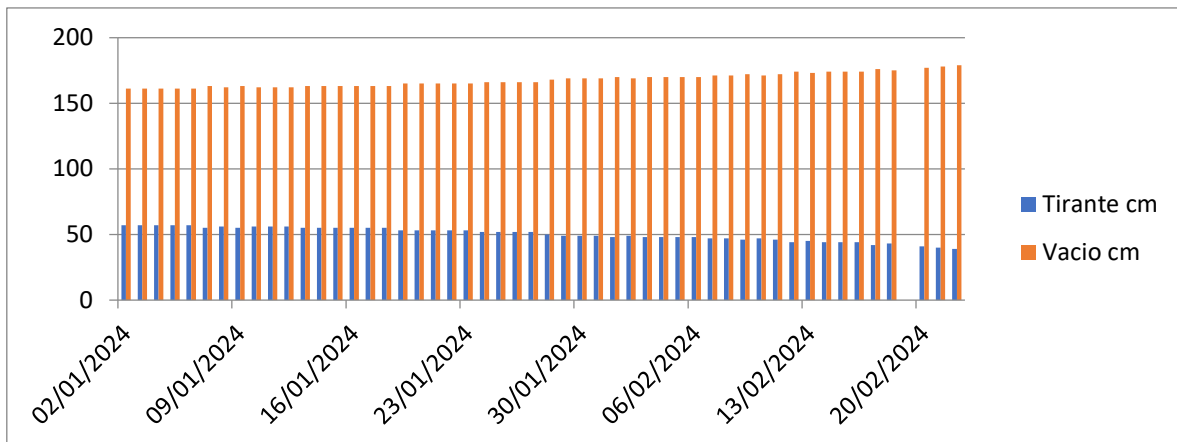
Funcionamiento

El sistema se dejó funcionando para ver su comportamiento, si bien el circuito se dentro de su función ha seguido adquiriendo datos, la calidad de estos no es similar y lleva a pensar que el sensor y la protección de la resina dieléctrica es insuficiente.

La medición de los datos sólo se pudo llevar a cabo durante los meses de enero y febrero debido a que se descompuso el sensor de datos, se realizó la instalación nuevamente, pero el nuevo no recabo datos. De los datos recabados podemos observar los diferentes niveles de la cisterna, van en caída, tan solo en dos meses se perdieron 1.5 m³ ver Gráfica 1 y Gráfica 2, por lo tanto se tendría que realizar una reparación a la cisterna antes de continuar con futuras mediciones debido a que parece tener una fuga significativa.



Gráfica 1: Volumen en m³ de agua en cisterna.



Gráfica 2: Tirante y vacío en cisterna capuchino.

Conclusiones:

Se recomendaría un cambio de sensor, los sensores HC han demostrado su limitación a la humedad y buscar mayor protección para el mismo es decir una caja más hermética pone al JSN SR en un nivel de precio y muy competitivo. El sensor hsr04 aun con una protección epóxica tiene un máximo de vida de tres meses en esas condiciones, para seguir recabando datos podemos para seguir tomando datos hacer un cambio por el HSR por otro HSR y ver en un mes su comportamiento.





3. ANALISIS HIDROLOGICO PARA ZANJAS DE INFILTRACIÓN.

Levantamiento fotogramétrico con dron en las instalaciones del instituto mexicano de tecnología

Objetivos del levantamiento

Realizar un levantamiento fotogramétrico utilizando drones y equipos geodésicos en los terrenos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Zona del levantamiento

La zona del levantamiento se ubica en los terrenos de las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, ubicadas en el municipio de Jiutepec, Morelos, en las coordenadas 18°52'54.93" de latitud norte y 99° 9'31.17" de longitud oeste, ver Figura 21.

Metodología

La metodología para los levantamientos con drones consiste en la planeación del vuelo, el establecimiento del control terrestre, la ejecución del vuelo y el procesamiento de las imágenes para obtener los productos cartográficos que representen la planimetría, altimetría y los rasgos físicos sobre el terreno.

- a) Planeación del vuelo y establecimiento de referencias para el control terrestre. Previo al vuelo, se delimita la zona que cubre el levantamiento, con el apoyo de recorridos sobre el terreno para identificar los límites o con el apoyo de herramientas como Google earth o imágenes georreferenciadas. Con el objeto de ligar el levantamiento a referencias conocidas, se establecerán bancos de referencia o se pueden utilizar bancos de redes de nivelación o geodésica como las que administra Inegi. Estas referencias servirán como base para el levantamiento de puntos de control terrestre o para su procesamiento con la información geodésica obtenida en drones equipados con accesorios para la corrección diferencial de la posición.



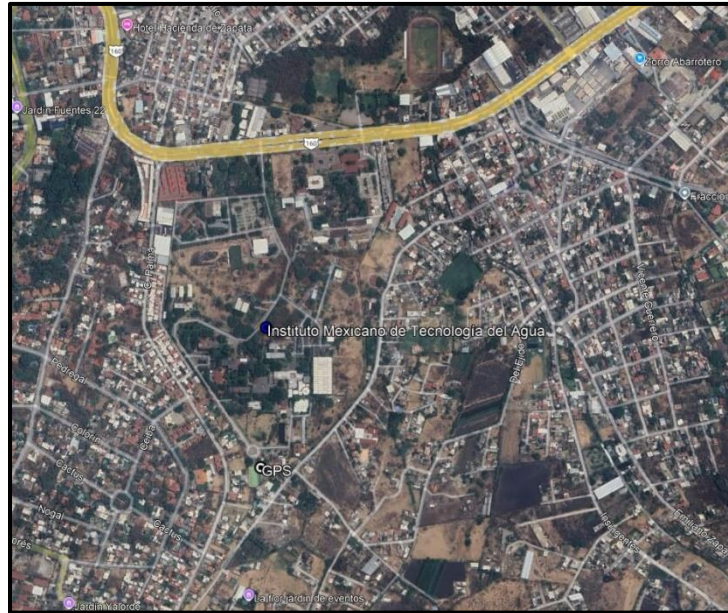


Figura 21: Localización geográfica de la zona del levantamiento

- b) Vuelo con VAN para obtención de imágenes. Con los límites de la zona de estudio, se elabora el plan del vuelo de manera de tener el cubrimiento de la zona, se determina la altura, las líneas de vuelo y el traslape necesarios para obtener imágenes con una resolución de centímetros por pixel. El vuelo se llevará a cabo haciendo el recorrido sobre las líneas de vuelo y registrando las imágenes del terreno.
- c) Procesamiento de imágenes para obtener planimetría y altimetría. Las imágenes obtenidas del vuelo a baja altura, se procesan para obtener un modelo de elevación digital del terreno; con las fotografías del terreno se elaborará un mosaico que cubra zona de estudio, a este, se le agregarán los puntos de control sobre el terreno levantados con equipo GPS de precisión para obtener una imagen con un valor de elevación de acuerdo a la resolución de la imagen.

Equipo

Dron Mavic 3M



El dron a utilizar para los levantamientos es el modelo Mavic Enterprise 3M de DJI con las siguientes especificaciones:

- a) Dron multi-hélice ligero de 1 kg de peso al despegue, con velocidad de vuelo de hasta 15 m/s, 30 km de distancia y 6,000 m de altitud máxima. Velocidades máximas de ascenso y descenso 6 m/s normal y 8 m/s sport. Resistencia al viento durante el vuelo de hasta 12 m/s. Precisión en vuelo estacionario: Vertical: ± 0.1 m (sistema de visión activado); ± 0.5 m (con GNSS); ± 0.1 m (RTK) Horizontal: ± 0.3 m (con sistema de visión); ± 0.5 m (con sistema de posicionamiento de alta precisión); ± 0.1 m (con RTK)
- b) Batería de litio cobalto de 5000 mAh con independencia de vuelo de al menos 40 minutos. Que incluya dos baterías de repuesto, cargador y accesorios.
- c) Sensor RGB de 4/3 de al menos 20 megapíxeles, apertura máxima de al menos f/2.8, ISO 100 en adelante y capacidad de video 4K con velocidad de obturación de al menos de 8 a 1/2000. Enfoque de 1 m hasta infinito. Tamaño máximo de imagen 5280x3956 píxeles efectivos. Formatos de imágenes fijas JPEG+RAW:3/5/7/10/15/20/30/60 s. Captura inteligente con poca luz y panorámica 20 MP.
- d) Sensor multispectral de 1/2.8, bandas Verde, Rojo, Borde Rojo e Infrarrojo Cercano de al menos 5 megapíxeles y video full HD 1920x1080@30 fps. Velocidad de obturación 1/30-1/12800. Tamaño máximo de imagen 2592x1944. Formatos de imagen TIFF y MP4 en video
- e) Sistema de estabilización mecánico de inclinación, rotación y paneo y sensores anticolidión con sensores infrarrojos distribuidos en el cuerpo del dron que permitan la detección de obstáculos en las partes, trasera, superior, delantera, inferior y a ambos lados del equipo en velocidades hasta 15 m/s. Equipado con sensores de seguridad durante el vuelo para detección de obstáculos y aterrizaje seguro en caso de pérdida de señal. Sistema de sensores: Adelante, rango de distancia de medición: 0.5 m a 20 m, rango de detección 0.5 m a 200, campo de visión horizontal 90°, vertical 103°. Atrás, rango de distancia de medición: 0.5 m a 16 m, campo de visión horizontal 90°, vertical 103°. Lateral, rango de distancia de



medición: 0.5 m a 25 m, campo de visión horizontal 90°, vertical 85°. Arriba rango de distancia de medición: 0.2 m a 10 m, campo de visión horizontal 100°, vertical 90°. Hacia abajo rango de distancia de medición: 0.3 m a 18 m, campo de visión horizontal 130°, vertical 160°.

- f) Control remoto con sistema de transmisión y recepción de datos para el control de vuelo y recepción de video en tiempo real a una distancia de hasta 15 km, equipado con 2 antenas de transmisión y 4 de recepción. Calidad de video en tiempo real 1080p/30fps.
- g) Equipado con módulo de procesamiento de datos GNSS de los sistemas GPS, Galileo, BeiDou y GLONASS para corrección diferencial en tiempo real (RTK) de la posición en tres dimensiones o en post proceso con interface USB-C. Precisión en RTK fijo Horizontal: 1 cm + 1 ppm; Vertical: 1.5 cm + 1 ppm
- h) Transmisión con cifrado de datos para proteger la transmisión entre el dron y el control remoto.



Figura 22: Dron DJI Mavic 3M



Resultados

Se elaboraron dos planes de vuelo, uno para el levantamiento de alrededor de 20 ha ver Figura 23, que cubre una sección del terreno del IMTA, en colindancia con el SENASICA y la barda perimetral al este del Instituto y otro de aproximadamente 70 ha que cubre la totalidad del terreno del Instituto ver Figura 24.

Sensor: RGB

Altura de vuelo: 80 m
Velocidad: 15 m/s
Sobreposición lateral: 70%
Sobreposición frontal: 80%
Superficie: 20 ha
GSD: 2.25 cm/pixel

Sensor: RGB

Altura de vuelo: 100 m
Velocidad: 15 m/s
Sobreposición lateral: 70%
Sobreposición frontal: 80%
Superficie: 70 ha
GSD: 3.35 cm/pixel



Figura 23: Planeación vuelo en 20 ha



Figura 24: Planeación vuelo en 70 ha



Figura 25: Vuelo del dron en las rutas programadas.





Figura 26: Control del Dron, mostrando el trazo del vuelo.

Procesamiento de imágenes

Para el procesamiento de las imágenes capturadas con el dron se utilizó el software para la corrección geométrica de imágenes pix4d, los resultados del procesamiento son los siguientes:

El software lleva a cabo la restitución de la geometría del terreno, a través de la triangulación de puntos de referencia comunes entre las imágenes, a partir del cual se genera una nube de puntos con las coordenadas x,y,z de los elementos del terreno, a partir de esta información se genera la imagen ortométrica con los elementos sobre el terreno proyectados al plano y un modelo de elevación de la superficie con las elevaciones sobre el terreno.



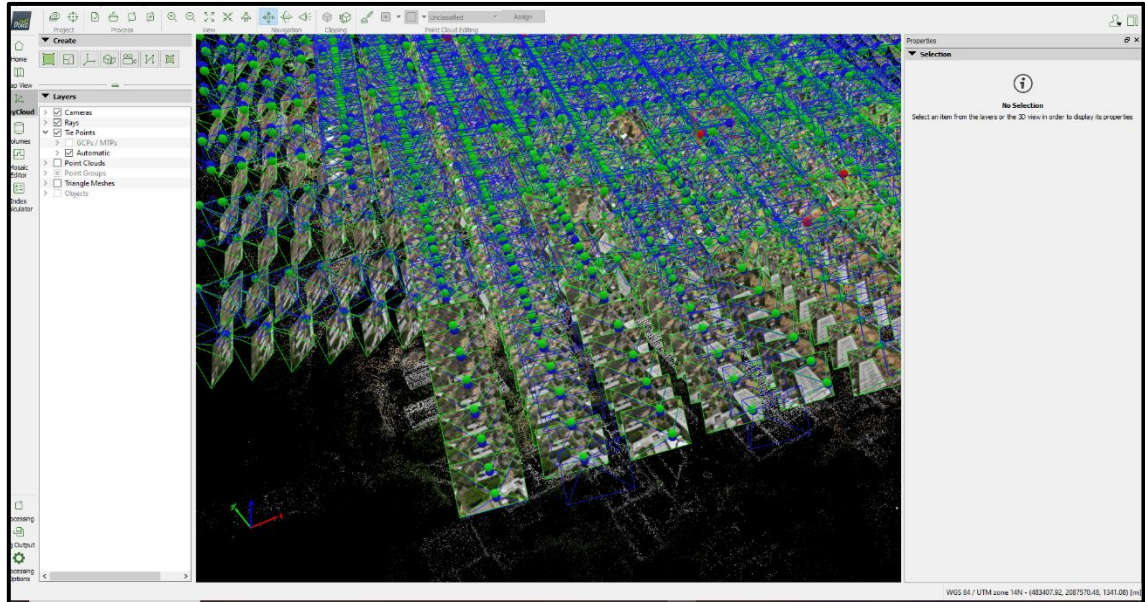


Figura 27: Restitución geométrica de las imágenes.

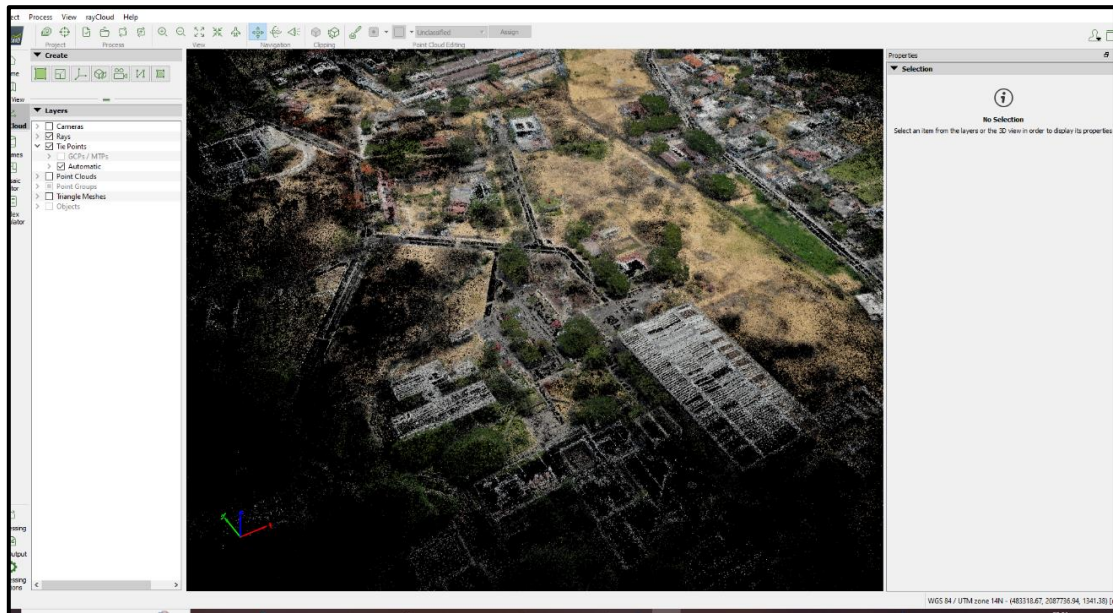


Figura 28: Nube de puntos generada a partir de las imágenes.

Se generaron los ortomosaicos y los modelos de elevación de la superficie que se muestran a continuación se anexan los reportes de las imágenes procesadas en los anexos.

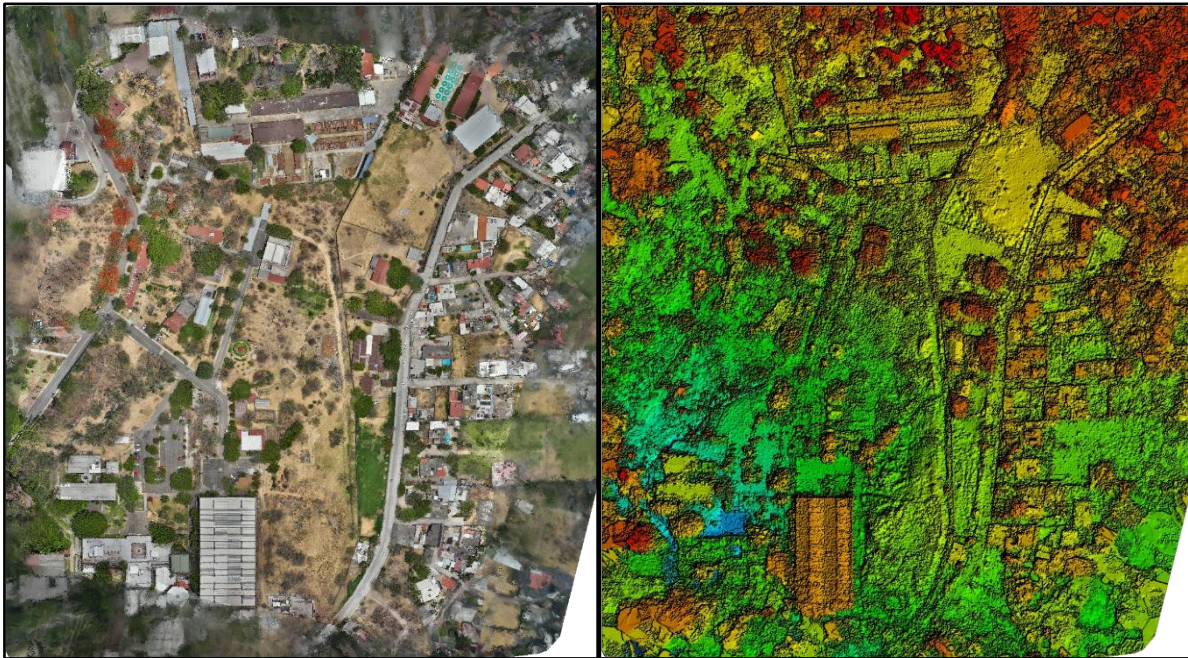


Figura 30: Ortomosaico y su correspondiente modelo digital de la superficie en 70 ha

Diseño de zanjas de infiltración- retención de agua en zona de jardín de lluvia.

Las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) están inspiradas y respaldadas por la naturaleza y el uso o imitación de los procesos naturales para contribuir a la gestión mejorada del agua (UNWATER, 2018). Una de estas SbN zonas las zanjas de infiltración, que son excavaciones en el terreno en zonas de baja precipitación para acumular el agua de lluvia, permitiendo una mayor infiltración del suelo, con esto se proporciona humedad a las plantas establecidas al borde de ellas. Estas técnicas de conservación del suelo se pueden utilizar en la agricultura o en las zonas urbanas para para la regulación e infiltración del escurrimiento producto de la precipitación.

Para el estudio se le dará el enfoque de utilizar las zanjas de infiltración y diques de material natural para la moderación de fenómenos meteorológicos extremos en especial las inundaciones. Por lo tanto, la zona de estudio se centra en la zona noreste, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, donde en semanas previas se llevó a cabo un levantamiento topográfico de la superficie por medio





de un equipo del Dron, donde se obtuvo el siguiente modelo digital de superficie ver Figura 31.

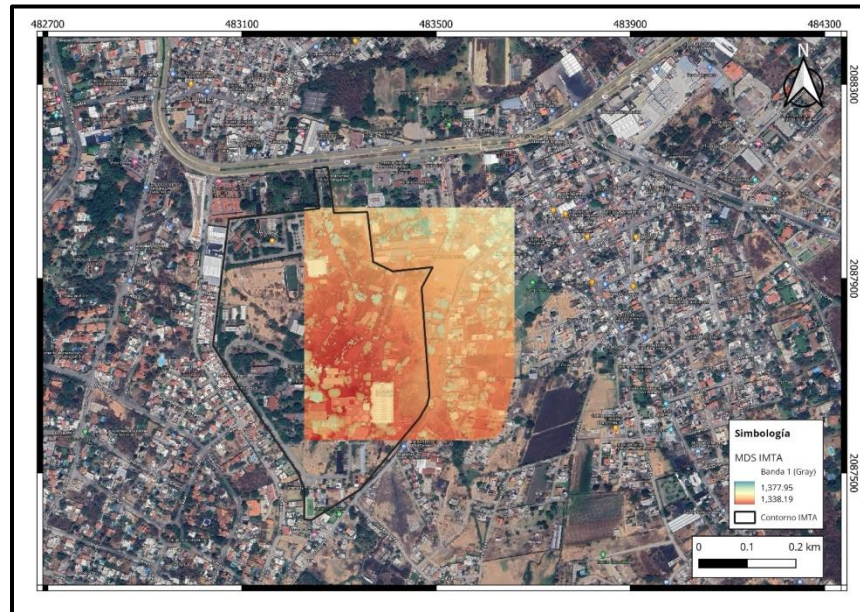


Figura 31 Levantamiento recortada para el estudio.

Dado el escurrimiento actual del instituto, esta parte del proyecto consiste en proponer zanjas de retención y regulación del escurrimiento en una zona donde en lluvias extraordinarias el agua recorre por la vía de circulación, para conducirse por una rejilla hacia el canal abierto que recorre esa zona.



Figura 32. Tránsito de los escurrimientos en el sitio



Conociendo la zona donde se va a trabajar se procedió a realizar diferentes geoprocetos al Modelo Digital de Superficie para obtener el modelo digital del terreno y poder configurar los escurrimientos preferenciales en esa y posteriormente delimitar la cuenca de estudio.

Para el Modelo digital del terreno, mediante algunos geoprocetos se quitaron depresiones que afectan el análisis de los escurrimientos y se dejaron estructuras que puedan obstruir el flujo

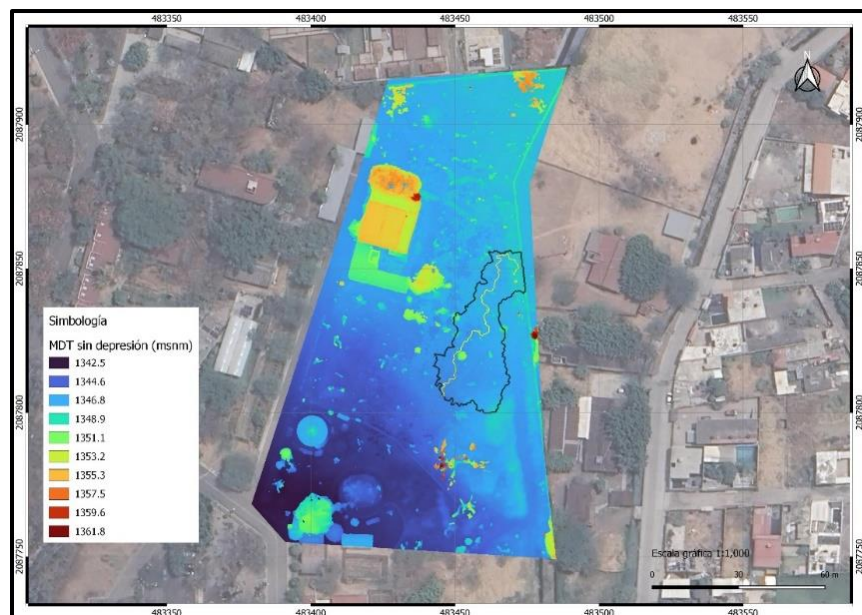


Figura 33 Modelo digital de elevación sin depresión

Tomando como base se delimitaron los escurrimientos que llegan a la zona marcada en la figura anterior, resultado la siguiente cuenca de estudio.



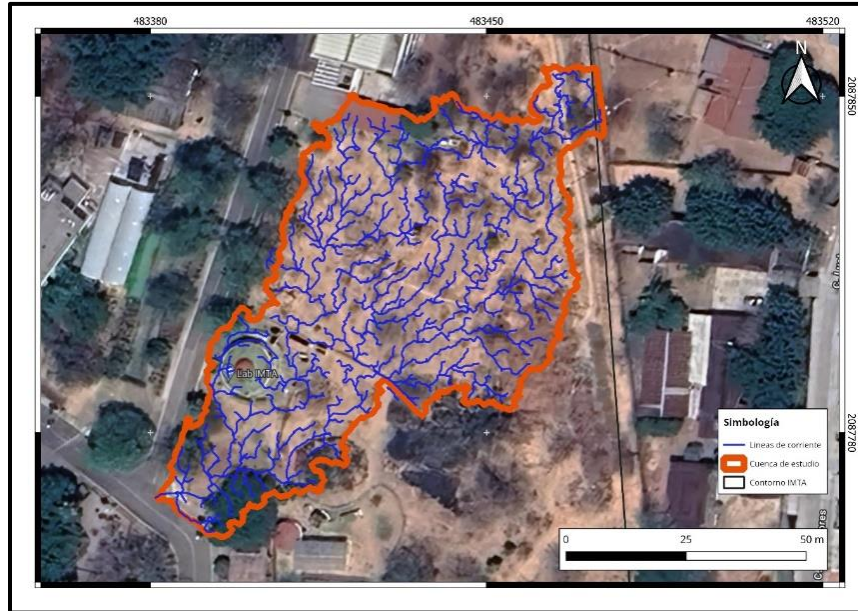


Figura 34 Cuenca de estudio

Con de realizar una regulación escalonada se presenta la integración de 5 subcuencas para la construcción de dos zanjas de infiltración y 3 retenciones por medio un dique a base de costales de geomalla.

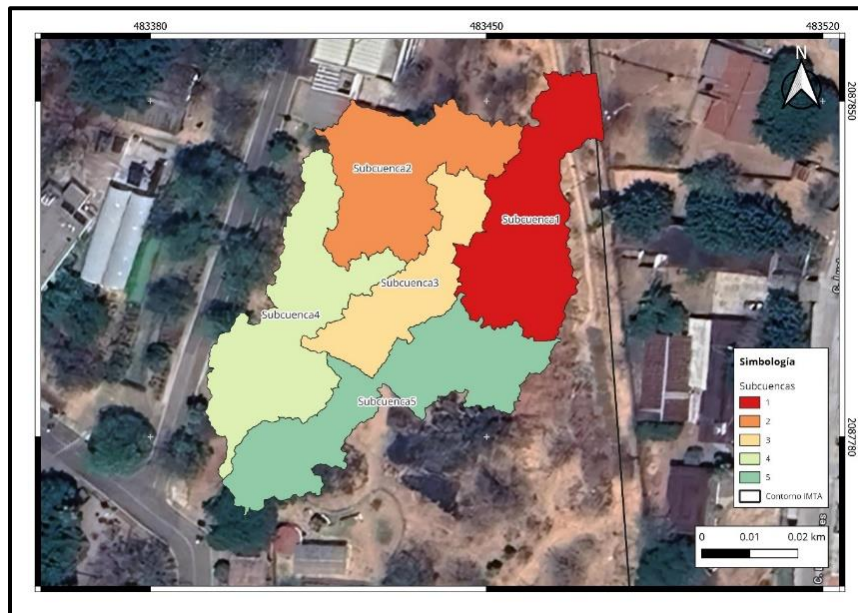


Figura 35 Subcuencas de estudio

Tabla 1. Subcuencas de estudio

Subcuenca	Tipo de SBN
1	Zanja de infiltración
2	Zanja de infiltración
3	Dique de geomalla
4	Dique de geomalla
5	Dique de geomalla

El uso de suelo de la zona de estudio se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Uso de suelo de la zona de estudio

Con base en el uso de suelo y la condición hidrológica, de la Tabla 2 a la Tabla 6 se muestra el número de curva N para cada subcuenca delimitada.

Tabla 2. Número de curva de la cuenca 1

Cuenca	Tipo de suelo	Usos de suelo	Área (m ²)	Porcentaje (%)	N	N pond.
1	C	Vegetación seca	880.18	95.5	79	75.5
	C	Arbusto	8.89	1.0	74	0.7
	C	Arbusto	32.31	3.5	74	2.6
			921.4	100		79



Tabla 3. Número de curva de la cuenca 2

Cuenca	Tipo de suelo	Usos de suelo	Área (m ²)	Porcentaje (%)	N	N pond.
2	C	Vegetación seca	705.53	84.2	79	66.6
	C	Manzana	69.6	8.3	98	8.1
	C	Manzana	7.56	0.9	98	0.9
	C	Árbol	33.34	4.0	74	2.9
	C	Arbusto	15.4	1.8	74	1.4
	C	Árbol	6.07	0.7	74	0.5
			837.5	100		80

Tabla 4. Número de curva de la cuenca 3

Cuenca	Tipo de suelo	Usos de suelo	Área (m ²)	Porcentaje (%)	N	N pond.
3	C	Vegetación seca	553.71	99.5	86	85.6
	C	Manzana	2.73	0.5	98	0.5
			556.4	100		86

Tabla 5. Número de curva de la cuenca 4

Cuenca	Tipo de suelo	Usos de suelo	Área (m ²)	Porcentaje (%)	N	N pond.
4	C	Vegetación seca	782.9	79.2	86	68.1
	C	Casa Ecológica	170.22	17.2	74	12.7
	C	Manzana	10.61	1.1	98	1.1
	C	Árbol	19.27	1.9	74	1.4
	C	Árbol	5.82	0.6	74	0.4
			988.8	100		84

Tabla 6. Número de curva de la cuenca 5

Cuenca	Tipo de suelo	Usos de suelo	Área (m ²)	Porcentaje (%)	N	N pond.
5	C	Vegetación seca	875.46	89.0	86	76.5
	C	Árbol	70.79	7.2	74	5.3
	C	Arbusto	37.54	3.8	74	2.8





Cuenca	Tipo de suelo	Usos de suelo	Área (m ²)	Porcentaje (%)	N	N pond.
			983.8	100		85

A continuación, se realizan análisis a cada subcuenca de estudio

Parámetros fisiográficos y geomorfológicos de las subcuencas

Los parámetros morfológicos de la cuenca constituyen una información mínima conforman una primera idea de la naturaleza y comportamiento de la cuenca, tales parámetros pueden ser: área, longitud, perímetro, ancho, desnivel altitudinal.

Área

El área de la cuenca está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje por medio de líneas preferenciales de escurrimiento dirigido directa o indirectamente a un mismo punto de salida.

Perímetro de la cuenca: Medición lineal del parteaguas y se expresa en kilómetros (km)

Los siguientes parámetros se describen acorde a los descrito por Diaz et al., (1999). Ibañez (2011) y Jardi (1985).

Factor de forma de Horton (Kf)

Horton, ha sugerido un factor adimensional de forma designado como "Kf". Este factor mide cuan alargada puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma

Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius

El coeficiente de compacidad es el indicador de la regularidad geométrica de la forma de la cuenca. El índice de compacidad de Gravelius (Kc) es la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo que tenga igual superficie que la de la cuenca.

Si el valor del coeficiente de compacidad es uno, la cuenca es perfectamente circular, si es igual a 1.128 la cuenca es cuadrada. El Kc puede alcanzar hasta el valor de 3, en el caso de cuencas muy alargadas

Coefficiente de Circularidad (Cc):





El coeficiente de circularidad de Miller varía entre 0 y 1. En este caso, valores cercanos a 1 indican morfologías ensanchadas, mientras que coeficientes de circularidad cercanos a 0, indican que las cuencas son alargadas.

Parámetros de relieve:

La influencia del relieve sobre el hidrograma es aún más evidente. A una mayor pendiente corresponderá una mayor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red drenaje y afluentes al curso principal.

Histograma de altitudes.

Representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca.

Curva hipsométrica

Es una curva que indica el porcentaje de área de la cuenca o bien la superficie de la cuenca en kilómetros cuadrados que existe por encima de una cota determinada. Puede hallarse con la información extraída del histograma de frecuencias altimétricas.

El cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río

Rectángulo equivalente

Es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, en la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro (y por lo tanto el mismo índice de compacidad o índice de Gravelius). En este rectángulo, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estos lados, la primera y última curvas de nivel.

A continuación, se describen los elementos más representativos de las cuencas, derivados de la elevación:

Elevación promedia del relieve: Es la elevación promedia de la cuenca referida al nivel del mar.

Pendiente media de la cuenca: es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la cuenca.

Longitud del cauce principal: Corresponde a la longitud del cuerpo de agua que le da nombre a la cuenca de estudio, en este parámetro se tienen en cuenta la sinuosidad cauce; éste parámetro se expresa normalmente en kilómetros.



Cuenca C1

La cuenca 1 tiene un área de 921 m², siendo una cuenca de tipo alargada donde la elevación oscila de 1345.4 a 1354. 4 msnm (ver Figura 37). En condiciones naturales aporta a la cuenca denominada C5.

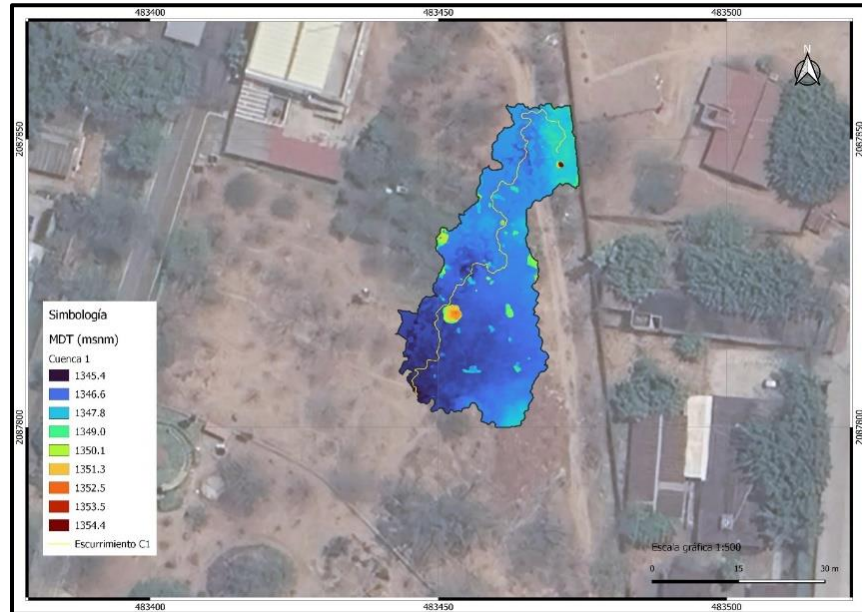


Figura 37. MDT en la cuenca 1

A continuación, se presenta en la siguiente tabla, los parámetros fisiográficos de la cuenca 1.

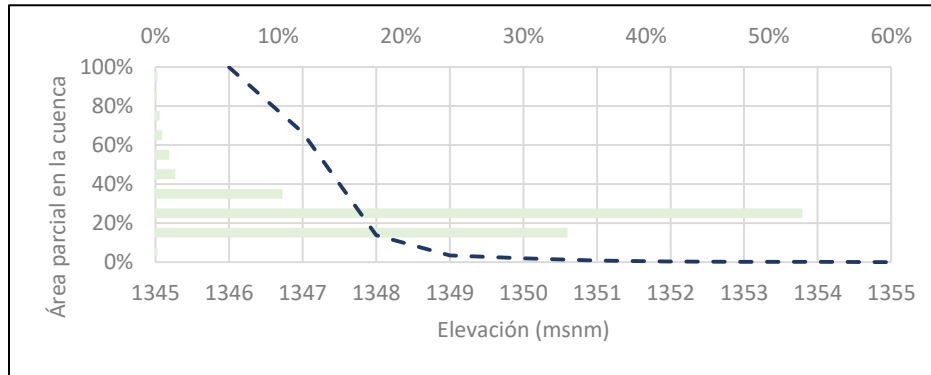
Tabla 7 Parámetros fisiográficos de la cuenca 1

Parámetro	Valor	Unidad
Área	921.4	m ²
Perímetro	262.7	m
Long. de Cuenca	98.0	m
Long. de Cauce	93.0	m
Ancho de Cuenca	9.4	m
Factor de forma	0.1	Cuenca Alargada
Índice de compacidad	2.4	kc = 1 c. circular, kc =2 c. alargada

Con respecto a los parámetros geomorfológicos se presenta los siguientes resultados (ver Tabla 8):

Tabla 8 Parámetros geomorfológicos de la cuenca 1

Parámetro	Valor	Unidad
Altitud Media de la Cuenca	1,347.4	m.s.n.m.
Rectángulo Equivalente		
Lado Mayor	123.9	km
Lado Menor	7.4	km



Gráfica 3: Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 1

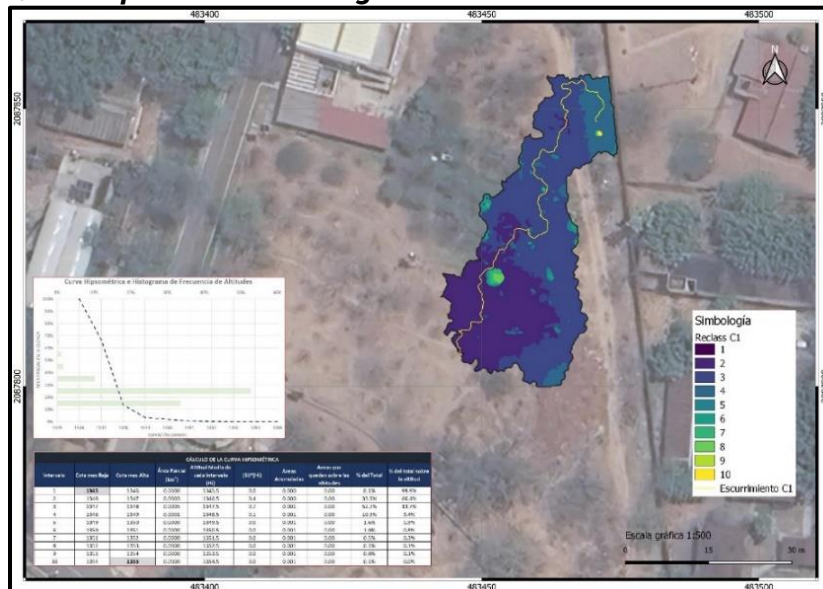


Figura 38: Representación de la Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 1

Cuenca C2

La cuenca 2 tiene un área de 837.5 m², siendo una cuenca de tipo alargada donde la elevación oscila de 1344.5 a 1354. 2 msnm (ver Figura 39). En condiciones naturales aporta a la cuenca denominada C4. Esto, con base en el levantamiento generado.

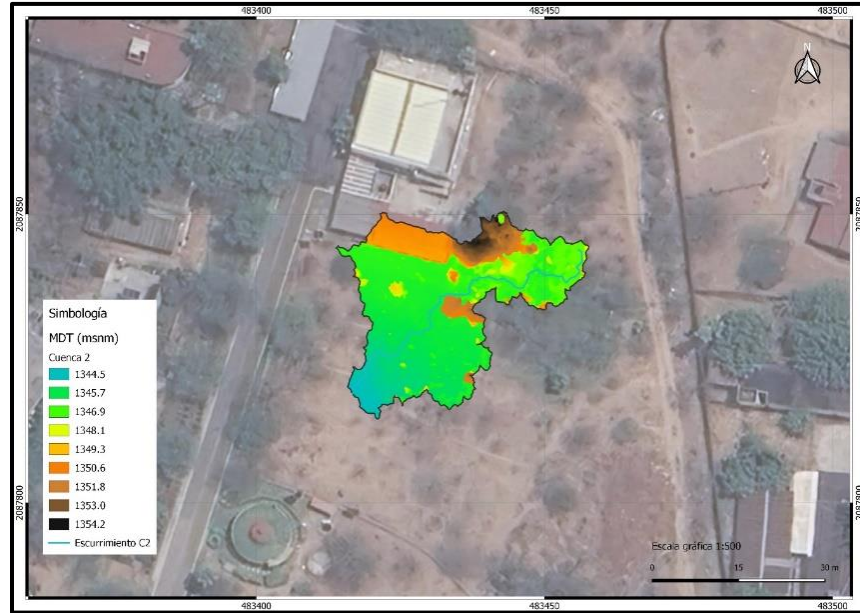


Figura 39: MDT en la cuenca 2

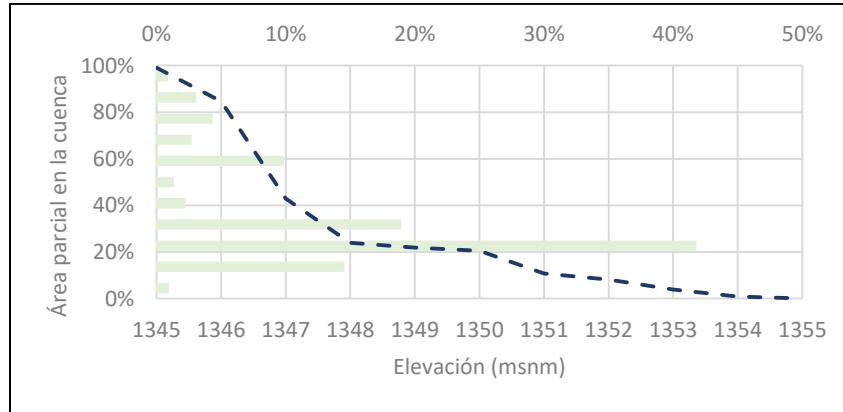
Los parámetros fisiográficos y geomorfológicos de la cuenca 2 se muestran en la Tabla 9 y la Tabla 10.

Tabla 9 Parámetros fisiográficos de la cuenca 2

Parámetro	Valor	Unidad
Área	837.5	m ²
Perímetro	260.8	m
Long. de Cuenca	66.0	m
Long. de Cauce	63.7	m
Ancho de Cuenca	12.7	m
Factor de forma	0.2	Cuenca Alargada
Índice de compacidad	2.5	kc = 1 c. circular, kc = 2 c. alargada

Tabla 10 Parámetros geomorfológicos de la cuenca 2

Parámetro	Valor	Unidad
Altitud Media de la Cuenca	1,347.7	m.s.n.m.
Lado Mayor	123.6	km
Lado Menor	6.8	km



Gráfica 4: Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 2

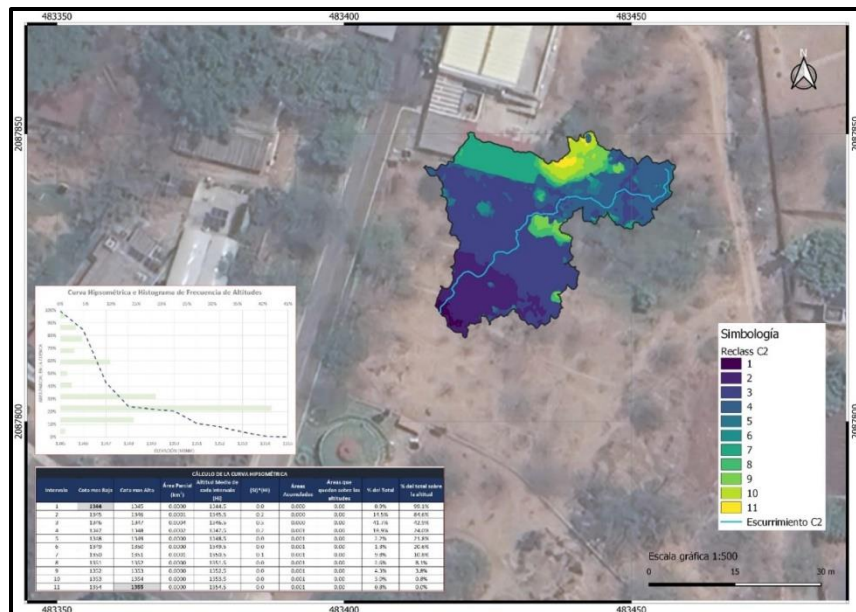


Figura 40: Representación de la Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 2

Cuenca C3

La cuenca 3 tiene un área de 556 m², siendo una cuenca de tipo alargada donde la elevación oscila de 1343.6 a 1352.5 msnm (ver Figura 41). En condiciones naturales aporta a la cuenca denominada C5.

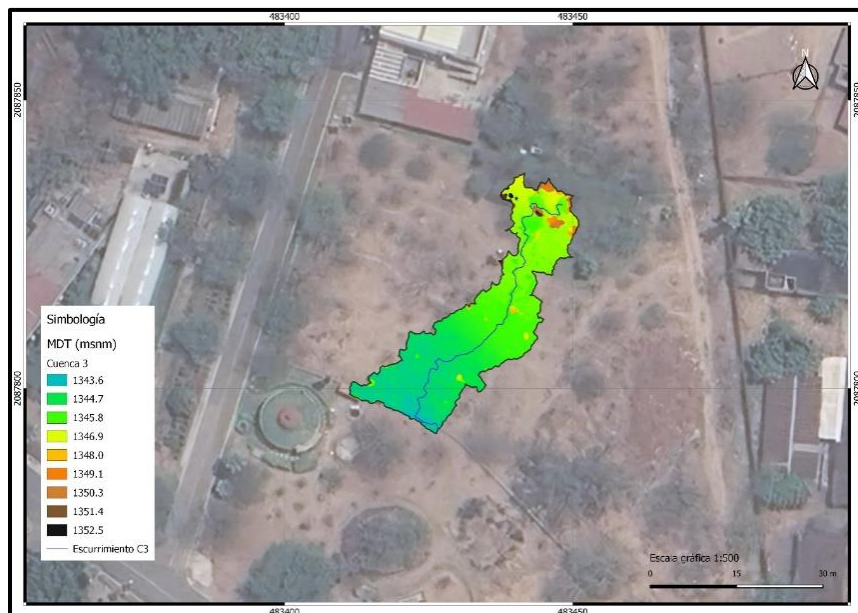


Figura 41: MDT en la cuenca 3

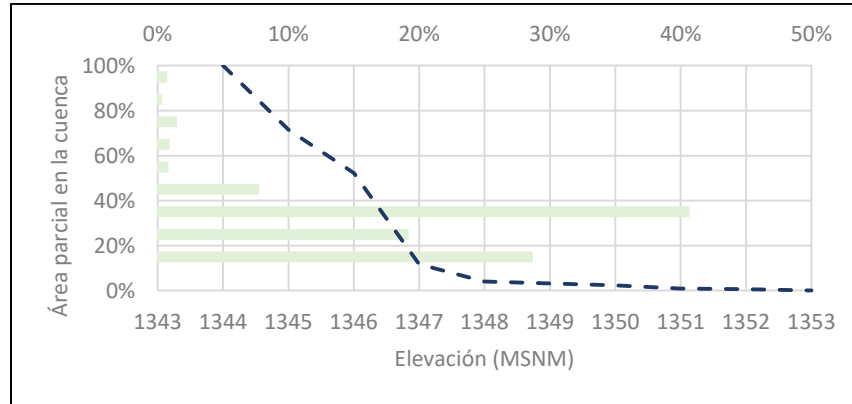
Los parámetros fisiográficos y geomorfológicos de la cuenca 3 se muestran en la Tabla 11 y la Tabla 12.

Tabla 11 Parámetros fisiográficos de la cuenca 3

Parámetro	Valor	Unidad
Área	556.4	m ²
Perímetro	237.4	m
Long. de Cuenca	71.0	m
Long. de Cauce	68.3	m
Ancho de Cuenca	7.8	m
Factor de forma	0.1	Cuenca Alargada
Índice de compacidad	2.8	kc = 1 c. circular, kc = 2 c. alargada

Tabla 12. Parámetros geomorfológicos de la cuenca 3

Parámetro	Valor	Unidad
Altitud Media de la Cuenca	1,346.0	m.s.n.m.
Rectángulo Equivalente		
Lado Mayor	113.8	km
Lado Menor	4.9	km



Gráfica 5: Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 3

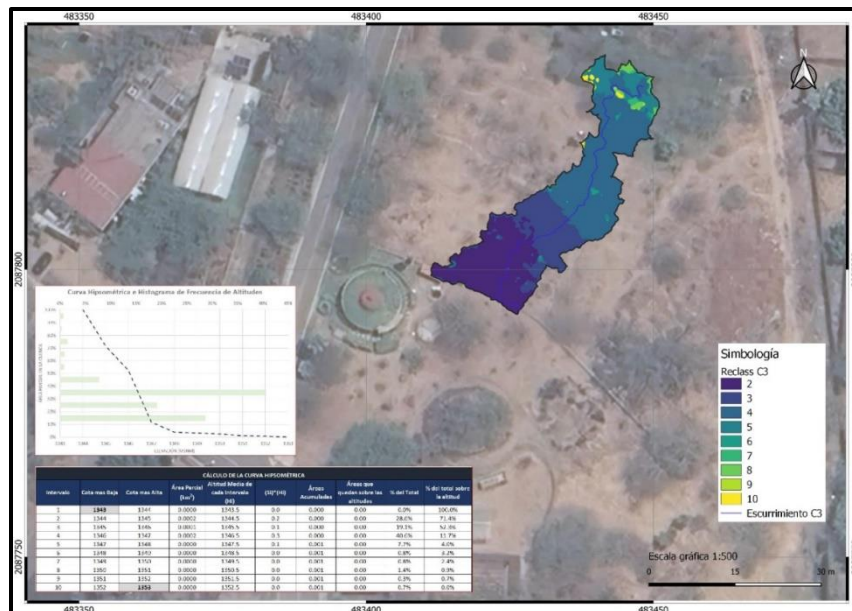


Figura 42: Representación de la Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 3

Cuenca C4

La cuenca 4 tiene un área de 988.6 m², siendo una cuenca de tipo alargada donde la elevación oscila de 1342.6 a 1351.2 msnm (ver Figura 43). En condiciones naturales escurre hacia la calle.

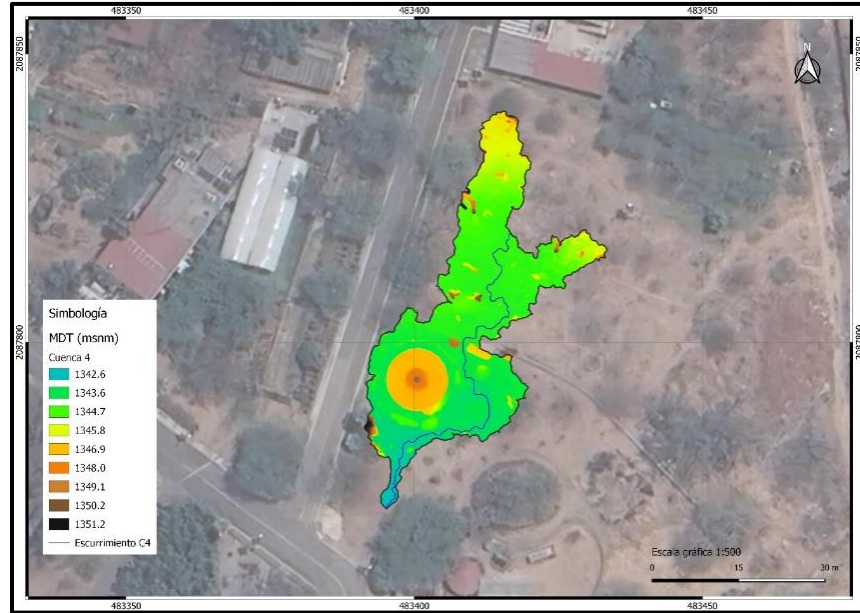


Figura 43: MDT en la cuenca 4

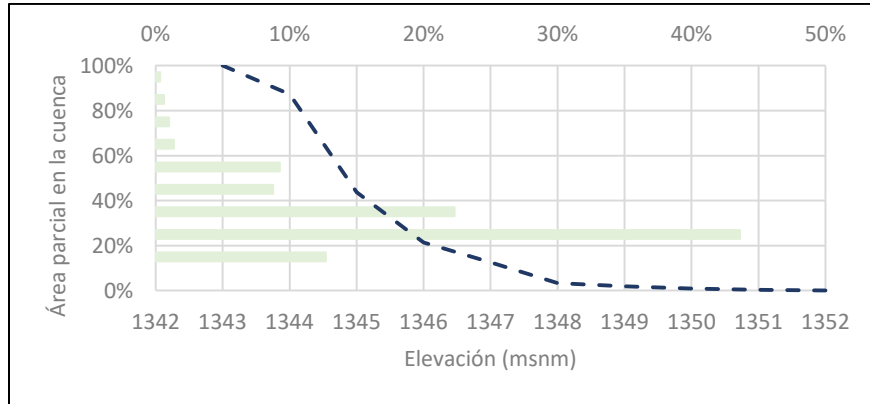
Los parámetros fisiográficos y geomorfológicos de la cuenca 4 se muestran en la Tabla 13 y la Tabla 14.

Tabla 13 Parámetros fisiográficos de la cuenca 4

Parámetro	Valor	Unidad
Área	988.6	m ²
Perímetro	336.8	m
Long. de Cuenca	100.0	m
Long. de Cauce	82.4	m
Ancho de Cuenca	9.9	m
Factor de forma	0.1	Cuenca Alargada
Índice de compacidad	3.0	kc = 1 c. circular, kc = 2 c. alargada

Tabla 14 Parámetros geomorfológicos de la cuenca 4

Parámetro	Valor	Unidad
Altitud Media de la Cuenca	1,345.2	m.s.n.m.
Rectángulo Equivalente		
Lado Mayor	162.3	km
Lado Menor	6.1	km



Gráfica 6: Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 4

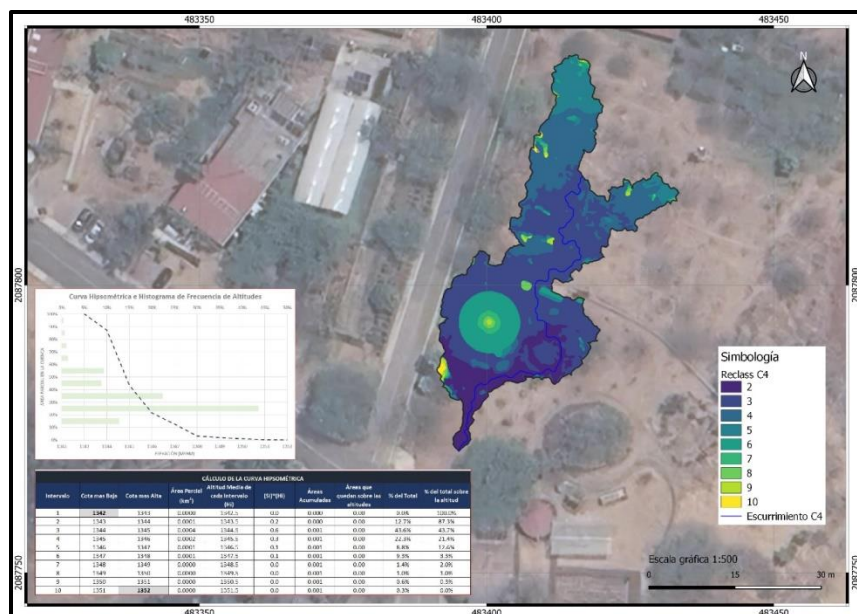


Figura 44. Representación de la Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 4

Cuenca C5

La cuenca 5 tiene un área de 984 m², siendo una cuenca de tipo alargada donde la elevación oscila de 1342.6 a 1358. 4 msnm (ver Figura 45). En condiciones naturales, se intercepta aguas abajo con el escurrimiento de la cuenca 4 aportando hacia la calle.

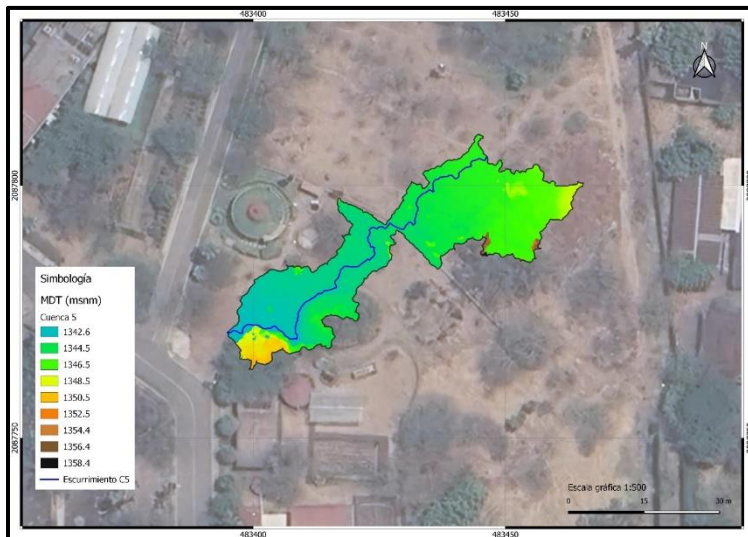


Figura 45: MDT en la cuenca 5

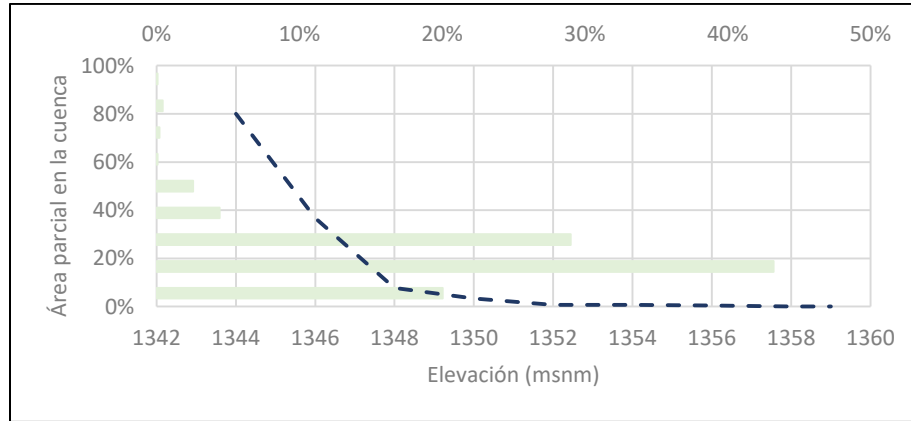
Los parámetros fisiográficos y geomorfológicos de la cuenca 5 se muestran en la Tabla 15 y la Tabla 16.

Tabla 15 Parámetros fisiográficos de la cuenca 5

Parámetro	Valor	Unidad
Área	983.8	m ²
Perímetro	363.4	m
Long. de Cuenca	113.0	m
Long. de Cauce	88.3	m
Ancho de Cuenca	8.7	m
Factor de forma	0.1	Cuenca Alargada
Índice de compacidad	3.2	kc = 1 c. circular, kc = 2 c. alargada

Tabla 16 Parámetros geomorfológicos de la cuenca 5

Parámetro	Valor	Unidad
Altitud Media de la Cuenca	1,345.6	m.s.n.m.
Rectángulo Equivalente		
Lado Mayor	176.1	km
Lado Menor	5.6	km



Gráfica 7: Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 5.

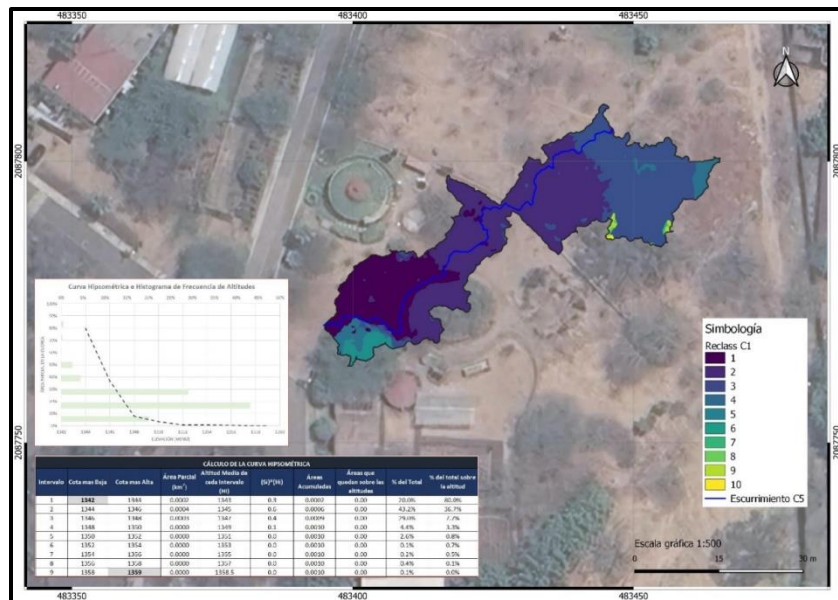
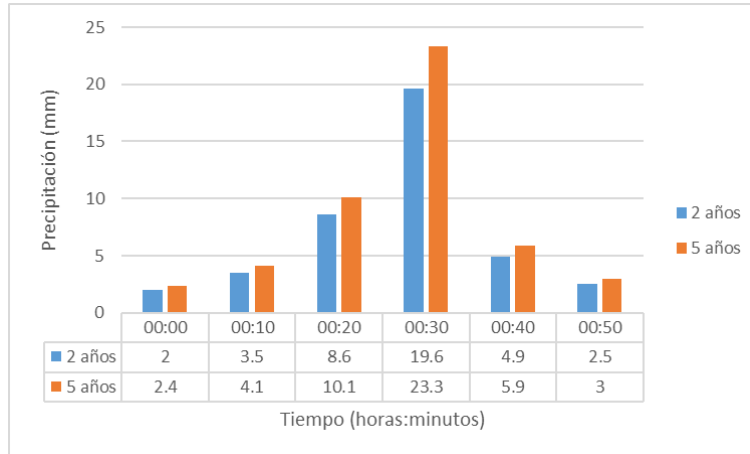


Figura 46: Representación de la Curva Hipsométrica e Histograma de Frecuencia de Altitudes de la cuenca 5

Análisis hidráulico de la zona de estudio

El análisis hidráulico se realizó con la información del trabajo del IMTA (2021), donde se generaron lluvia de diseño para diferentes duraciones, retomando la lluvia de 2, 5, 10, 20 y 50 años con duración de 1 hora.



Gráfica 8: Hietograma de precipitación para 2 y 5 años.

Tomando en cuenta este punto se realizará para el caso más extremo, es decir lluvia con una duración de una hora. Analizándose en particular la situación de la subcuencas 1 y 2.



Figura 47: Ubicación de la cuenca 1 y 2 donde se colocarán las zanjas de infiltración.

El programa utilizado para la modelación hidrológica- hidráulica es SWMM (Storm Water Managment Model), es el nombre del software de manejo de agua pluviales gratuito desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en ingles). SWMM se usa en modelizaciones hidráulicas. Las aplicaciones más frecuentes son:

- Diseñar la red de drenaje para prevenir inundaciones
- Delimitar zonas de inundación en cauces naturales
- Definir la estrategia de control de una red de aguas



- Dimensionar la estructura de retención y los accesorios para el control de inundaciones y la protección de la calidad de aguas
- Modelizar cargas contaminantes no puntuales para estudios o informes de Ingeniería Ambiental

Para nuestro fin del proyecto este programa nos ayudará a conocer el volumen que se puede presentar en la cuenca 1 y 2 y con estos datos dimensionar la capacidad de la zanja de infiltración de la zanja de infiltración.

Los resultados para el escenario de la lluvia de 2 años y duración de una hora de la cuenca 1 son un gasto máximo de 4.96 l/s (ver Figura 48).

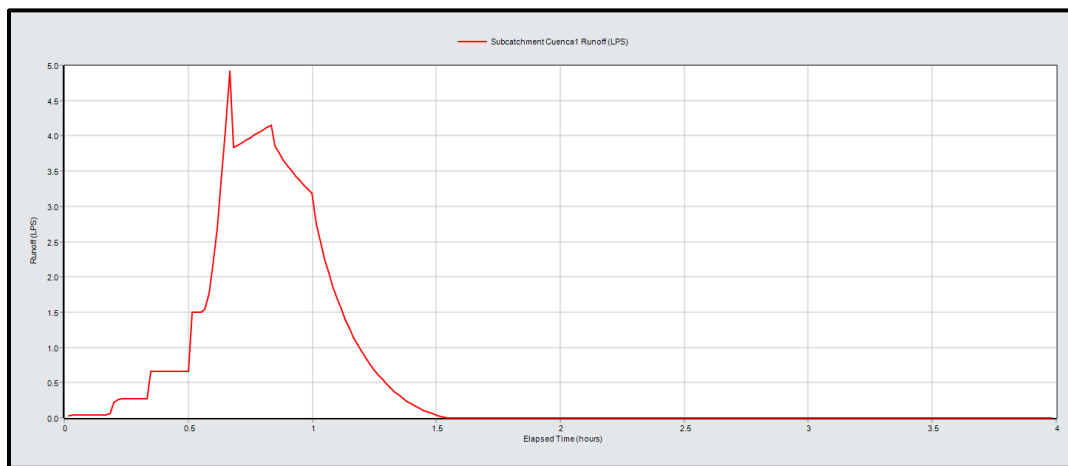


Figura 48: Esguerrimiento de la cuenca 1

Por otra parte, con respecto a la cuenca 2 se contempla un gasto máximo de 7.03 l/s (ver Figura 49).

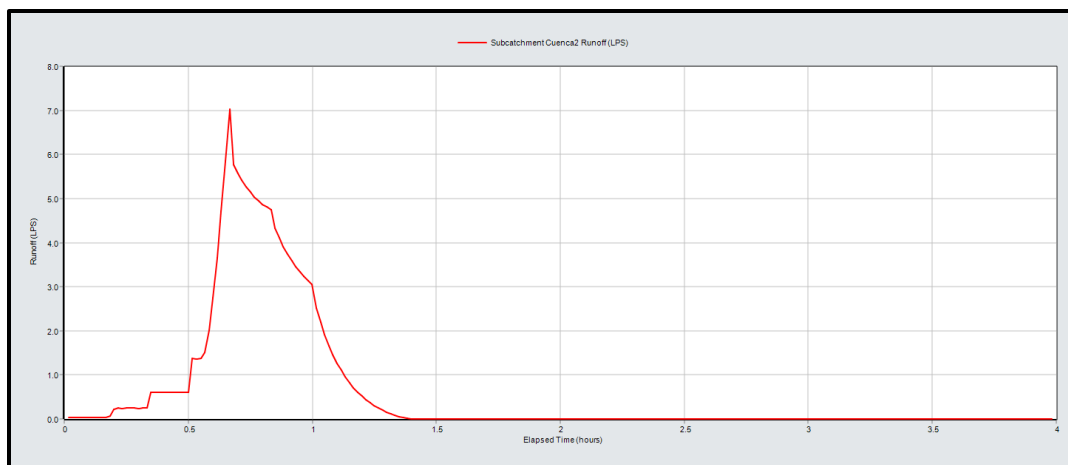


Figura 49: Esguerrimiento de la cuenca 2.

Como resumen de los resultados para diferentes periodos de retorno se presenta las siguientes tablas de la cuenca 1 y 2.



Tabla 17 Resumen de resultados para la cuenca 1.

Variable	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años
Escorrentamiento máximo (L/s):	4.916	8.415	12.58	16.93	22.94
Escorrentamiento mínimo (L/s):	0	0	0	0	0
Escorrentamiento medio (L/s):	0.5715	0.8737	1.204	1.528	1.963
Volumen de excedencia (m ³):	8.161	12.480	17.200	21.820	28.040

Tabla 18 Resumen de resultados de la cuenca 2

Variable	2 años	5 años	10 años	20 años	50 años
Escorrentamiento máximo (L/s):	7.03	11.63	16.66	21.55	27.93
Escorrentamiento mínimo (L/s):	0	0	0	0	0
Escorrentamiento medio (L/s):	0.6	0.9035	1.218	1.524	1.931
Volumen de excedencia (m ³):	8.717	12.900	17.400	21.760	27.570

Entonces se propone para la cuenca 1, una zanja de infiltración que permita para los diferentes periodos de retorno el almacenar de hasta 6 m³, esto quiere decir que se debe de diseñar una obra de desfogue que permita el desalojo de agua en un valor máximo de 3 l/s para evitar desbordamientos y teniendo un control del sistema de infiltración-retención.



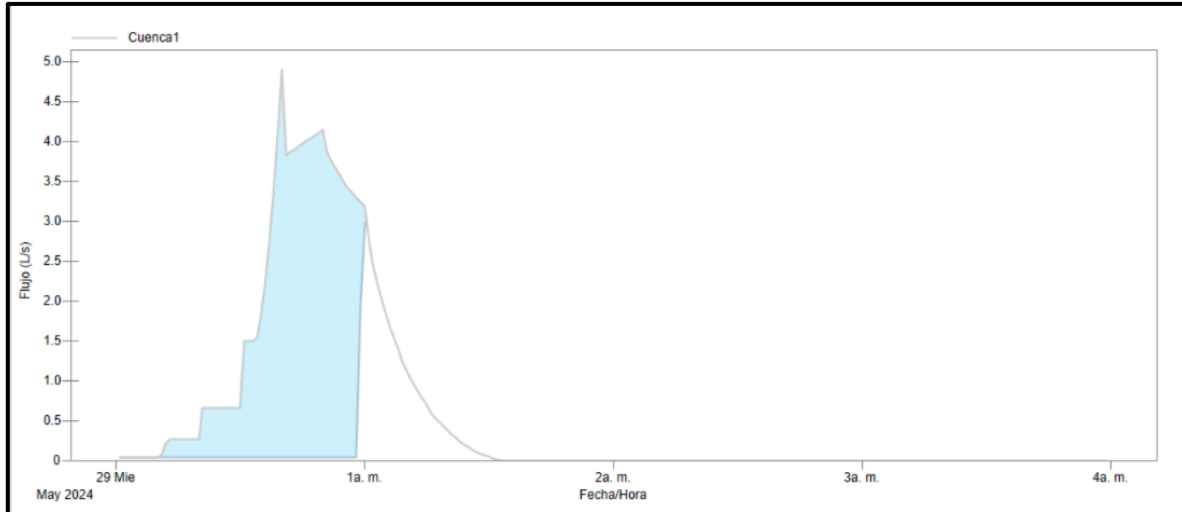


Figura 50: En zona azul se presenta el área del hidrograma que permite almacenar para un periodo de retorno de 2 años la cuenca 1

Para la segunda zanja de infiltración ubicada en la cuenca 2, se propone dimensiones similares, es decir un almacenamiento de 6 m³, que permita contar un orificio de descarga de hasta 3 l/s

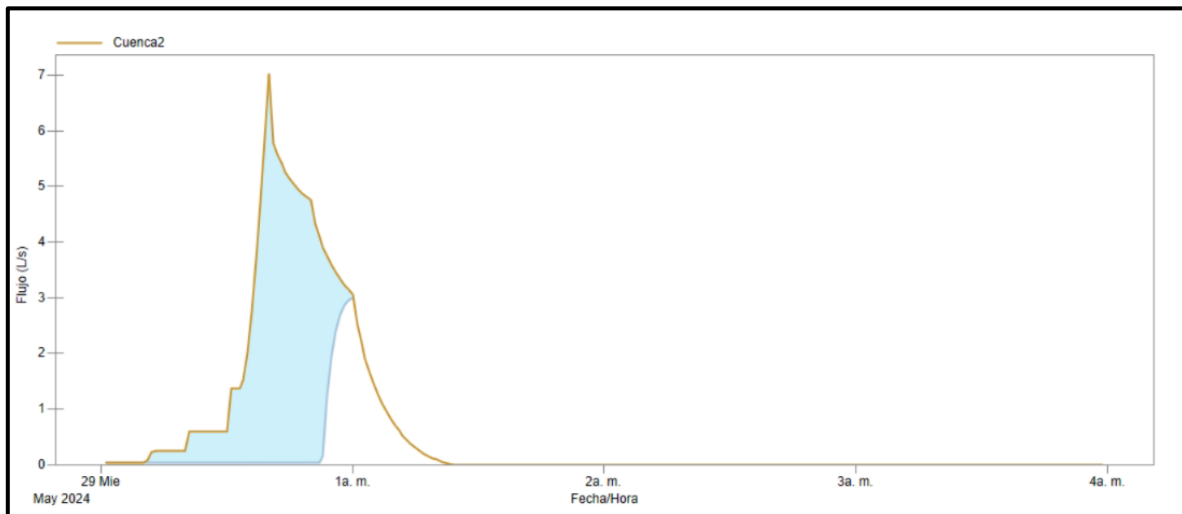


Figura 51: Regulación de la cuenca 2 con la zanja de infiltración.

En la siguiente figura se presenta la ubicación de las dos zanjas de infiltración propuestas para la zona de estudio en la subcuenca 1 y 2.

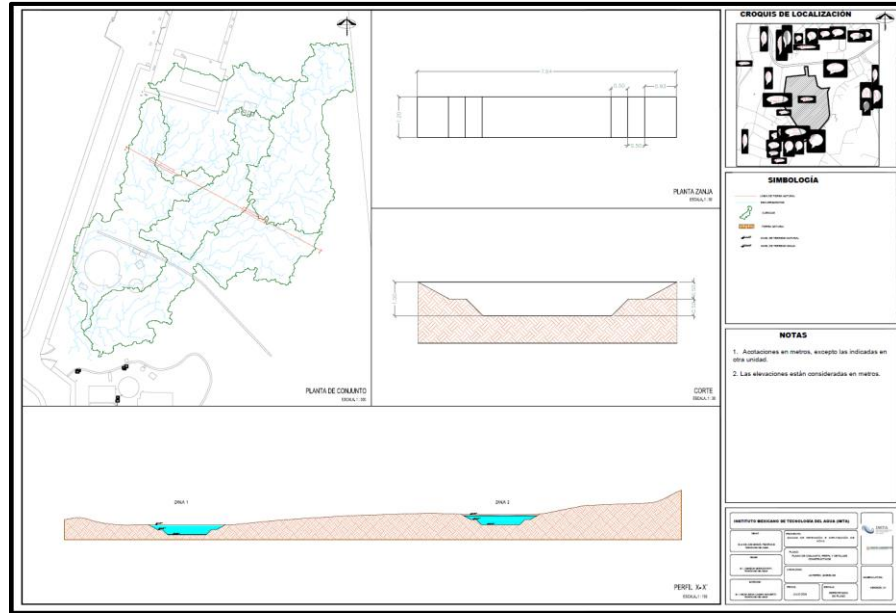


Figura 52: Plano de ubicación de las zanjas de infiltración.

Las obras de las zanjas se iniciaron por el personal del área de servicios generales y obra, se realizó el trazo ver Figura 53 y Figura 54. Por otro se comenzó la excavación para ambas zanjas, ver Figura 55 y Figura 56 en los puntos planteados en el proyecto para almacenar e infiltrar agua de lluvia en las zanjas realizadas.



Figura 53: Trazo de primer zanja.



Figura 54: Trazo de segunda zanja.



Figura 55: Excavación primer zanja





Figura 56: Excavación segunda zanja.



Figura 57: Zanja 1 finalizada





Figura 58: Zanja 2 finalizada

Conclusiones.

Con la finalidad de contar con un sistema de regulación, se delimitaron 2 subcuencas para zanjas de infiltración. Para la generación del modelo hidrológico se determinaron los parámetros geomorfológicos y fisiográficos de las subcuencas y se consideró una lluvia de diseño con duración de 1 hora para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20 y 50 años. Para el diseño del sistema propuesto se consideró el periodo de retorno de 2 años.

La propuesta a realizar dos zanjas de infiltración en la zona noreste del IMTA tiene a bien el poder regular el gasto que se produce con las lluvias intensas, las dos estructuras se han propuesto un volumen de 6 m³ y un orificio de desfogue de 3 l/s.

1 Bibliografía

Cervantes E., Vázquez S., Hurtado R., Hernández M., & Segura I. (2016). *Manual de operación y mantenimiento del sistema de captación de agua de lluvia de Cherán, Michoacán*. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

CONAGUA. (2015). *Drenaje pluvial urbano*. CDMX: SEMARNAT.



Díaz, C., Khalidou, B., Iturbe, A., Esteller, M., & Reyna, F. (1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso de curso alto del río Lerma. *Ciencias exactas y aplicadas*, Vol. 6, 124-134.

Ibañez S., Moreno H., & J., G. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Valencia: Universitat Politècnica de València .

Jardi M. (1985). *Foirma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen*. Barcelona: Revista Geográfica Vol. XIX.

UNWATER (2018) Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua, Informe de la organización de las naciones unidas para la educación, la ciencia y la cultura. Paris., Francia.

4. REUTILIZACIÓN DE AGUA DEL HUMEDAL PARA RIEGO DE JARDÍN DE LLUVIA.

Para la reutilización del agua del humedal para el riego del jardín de lluvia, se diseñó con una cisterna enterrada con capacidad de 1200 litros a un costado de donde finaliza el humedal, posteriormente se realizó el planteamiento de subir agua a través de una bomba, a un tinaco que se encontrara superficialmente a un costado del comienzo del jardín de lluvia, con lo cual se podrá realizar el riego del área verde por gravedad ver Figura 59.

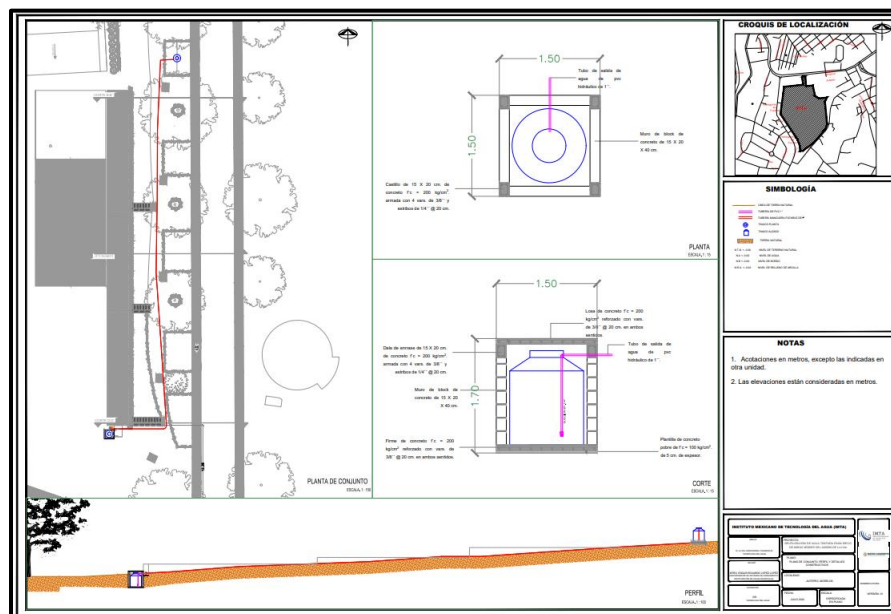


Figura 59: Sistema de bombeo para reutilización de agua.



Realización de obra de registro para cisterna.

Para la realización del proyecto para la reutilización del agua del humedal para riego de las áreas verdes, se llevó a cabo la excavación de un hueco de 1.10 m de profundidad del suelo x 1.75 m en ambos costados (ver Figura 60) para poder meter en su interior una cisterna Rotoplas de 1200 litros. Una vez finalizada la excavación se procedió a realizar la plantilla de concreto en donde se pusieron los hilos para la nivelación y una vez finalizada se instaló la plantilla ver Figura 61.



Figura 60: Excavación para registro.





Figura 61: Plantilla de concreto pobre

Una vez finalizada la plantilla, se procedió a elaborar un armado de parrilla de 3/8 para la base de concreto con una separación aproximada entre varillas de 18 cm (ver Figura 62) posteriormente se procedió a colocar la parrilla para colarse y también se dejaron empotrados los castillos para posteriormente colarse junto con la base de concreto (ver Figura 63). Una vez finalizada se realizaron los muros de block, así como el colado de castillos y cadena para conformar el registro ver Figura 64. Por último se colaron 4 tapas de concreto para tapar el registro una vez colocada la cisterna de 1200 litros ver Figura 65.

Se colocó la celda solar para la alimentación de las bombas y los sensores de nivel (en cisterna y tinaco) ver Figura 66, Figura 67 y Figura 68. Por otro lado, se colocó un tinaco de 1200 litros en la parte alta, para almacenamiento de agua, ver Figura 69.





Figura 62: Armado de parrilla



Figura 63: Firme de concreto





Figura 64: Registro finalizado



Figura 65: Tapas de concreto para registro





Figura 66: Instalación de celda solar



Figura 67: Prueba de instalación de celda con bombas y sensores de nivel





Figura 68: Instalación de bombas



Figura 69: Instalación de tinaco en la parte alta.





5. REGISTRO Y ANÁLISIS DE VARIABLES METEOROLÓGICAS

Equipos de medición y registro de variables meteorológicas.

Para conocer las características climáticas de la zona en que se ubican las casas ecológicas y las condiciones meteorológicas externas a las casas, así como las condiciones térmicas internas que influyen en el índice de confort, se están utilizando estaciones meteorológicas automáticas.

Como ya se ha informado, se han tomado mediciones desde el 2021 a la fecha, y se están utilizando tres estaciones de medición:

- 1) Estación ETHRP1: estación de medición de temperatura ambiente, temperatura 20 cm abajo del techo, temperatura abajo y pegado al techo, humedad relativa ambiente y precipitación pluvial. La estación está instalada dentro de la Casa Ecológica Urbana.
- 2) Estación ETHR3: estación de medición de temperatura ambiente, temperatura abajo y pegado al techo y humedad relativa ambiente. La estación está instalada dentro de la Casa Ecológica Rural.
- 3) Estación EMA-CSI_IMTA: estación meteorológica que mide temperatura ambiente, humedad relativa ambiente, presión barométrica, radiación solar, magnitud y dirección del viento y precipitación pluvial. La estación EMA-CSI_IMTA está instalada en medio, entre las dos casas ecológicas.

En las siguientes Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21, muestran las bitácoras respectivas de las estaciones ETHRP1, ETHR3 y EMA-CSI_IMTA, en la que se detallan marcas, modelos y características técnicas de los sensores, así como el registro de situaciones ocurridas en estas estaciones.







Tabla 19: Bitácora de la estación ETHRP1

BITÁCORA DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS					
INSTITUCIÓN Y ÁREA	INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA SUBCOORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E INFRAESTRUCTURA VERDE				
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	ETHRP1				
Coordenadas de localización	Latitud Norte: 18° 52' 55.769" Longitud Oeste: 99° 9' 27.436"				
Ubicación de la estación meteorológica:	Dentro de las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), dentro de la Casa Ecológica Urbana (CEU), de la Coordinación de Hidráulica.				
Ubicación de la PC receptora de datos:	Se utiliza una laptop con software LoggerNet, para bajar los datos en sitio, en conexión directa, vía puerto serial.				
1) REGISTRO DE NÚMEROS DE SERIE DE LOS COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA: ETHRP1					
Componente de la estación meteorológica	MARCA	MODELO	SERIE		
Datalogger (Plataforma colector de datos) alojada dentro de caja metálica	Campbell Scientific	CR10	13752 / 19179		
Panel de alambrado para el datalogger	Campbell Scientific	-	-		
Sensor de Temperatura ambiente (T2) y protector multiplatos	Vaisala	HMP35A	13187HM		
Sensor de Humedad Relativa (HR2)	Vaisala	HMP35A	13187HM		
Sensor de Temperatura intermedia (T5)	Vaisala	108B	EMA1-1001		
Sensor de Temperatura de Techo (T6)	Vaisala	108B	EMA5-1005		
Medidor Precipitación pluvial (PP1).Factor ajuste=0.1015mm=>4.7969	Texas Electronics	TRP-525M	12685-1093		
Panel Solar	SOLAREX	MSX10	CB=24103		
Regulador de voltaje	Campbell Scientific	PS12	5842		
Batería recargable de 12 volts y 7 AH	Steren	BR-1207	s/n		
Unidad de memoria	Campbell Scientific	SM4M	24105		
Caja que aloja la electrónica	Campbell Scientific	-	CB=13388		
2) SENSORES QUE QUEDAN INSTALADOS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA OPERANDO AL 100 %					
SENSOR	No. de Serie	Coeficientes de Calibración			
		A	B	C	D
Temperatura	13187HM	-1.7587E-02	9.2798E-01	4.6578E-03	-4.9294E-05
Humedad Relativa	13187HM	-1.2230E00	8.7040E-01	2.1506E-03	-3.8941E-06
3) ACCIONES REALIZADAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA, ETHRP1		FECHA	HORA		
<p>3.1) Mediciones de los sensores:</p> <p>a) la estación ETHRP1 realiza mediciones cada 10 minutos de: Temperatura ambiente (T2), Humedad relativa (HR2), Temperatura 20 cm cercano al techo (T5) y Temperatura pegado al techo (T6)</p> <p>b) Los sensores ETHRP1 se instalaron según la recomendaciones de OMM (entre 2.18 m y 2.87 m). El pluviómetro quedó instalado en el lado Noroeste de la Casa Ecológica Urbana, sobre el barandal, a una altura, de 4.29 m.</p> <p>c) La capacidad de memoria y/o almacenamiento de datos del datalogger es de 10000 Bytes, con una duración de 11 días, 17 horas y 50 minutos. Cuando la memoria, que es cíclica, se llena, borrará datos viejos por datos nuevos. En caso de falla en el sistema de alimentación de energía, los datos y el programa operativo, se perderían, porque tiene memoria volátil.</p>		-	-		
<p>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</p>					





 MEDIO AMBIENTE <small>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</small>		 IMTA <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>	
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHRP1, en 2021	FECHA	HORA	
3.2) Instalación de la estación ETHRP1.	16/04/2021	17:00	
3.3) Se perdieron datos de varios periodos. Del 22 de abril a las 15:40 horas, al 11 de junio de 2021 a las 17:30 horas; por fallas y hasta corte de cable de alimentación del sistema de energía de la casa ecológica.	22/Abr/2021- 11/Jun/2021	15:40 a 17:50	
3.4) Por el proceso de calibración, se desinstaló el sensor de temperatura y humedad relativa y por tanto, no se registraron estos datos (T2, HR2), solamente se registraron los datos de temperatura cercana al techo (T5) y la temperatura bajo el techo (T6); del 18 de octubre a las 13:10 horas al 29 de noviembre de 2021 a las 17:30 horas.	18/Oct/2021 - 29/Nov/2021	13:10 a 17:30	
3.5) Datos registrados en ETHRP1, en 2021: del 17 de abril a las 00:30 hasta el 29 de noviembre de 2021 a las 17:30 horas	17/Abr/2021 - 29/Nov/2021	00:30 a 17:30	
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHRP1, en 2022	FECHA	HORA	
3.6) Se instaló un pluviómetro de balancín en la estación ETHRP1	20/07/2022	16:00	
3.7) Re-inicio de la captura de datos de la estación ETHRP1.	20/07/2022	16:20	
3.8) Datos registrados en ETHRP1, en 2022: del 20 de julio a las 16:20 hasta el 31 de diciembre de 2022 a las 24:00 horas	20/Jul/2022 - 31/Dic/2022	00:10 a 24:00	
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHRP1, en 2023	FECHA	HORA	
3.9) Se continúa registrando y descargando los datos de la estación ETHRP1, midiendo desde el 01 de enero de 2023 a las 00:10:00 horas	01/01/2023	00:10	
3.10) Se perdieron datos: 5 días, 9 horas y 50 minutos. Del 04 al 09 de abril de 2023, de las 13:50 a las 23:40 horas.	04-09/Abr/2023	13:50-23:40	
3.11) Proceso de ajuste del pluviómetro PP1. Del 07 al 08 de junio de 2023 desde las 10:10 hasta las 18:10 horas. Los datos de lluvia serán válidos a partir de las 18:20 del 08 de junio de 2023.	07-08/Jun/2023	10:10-18:10	
3.12) El 07 de agosto, se encontró movida de su sitio original de emplazamiento a la estación ETHRP1; aunque no fueron afectados los puntos de medición	07/08/2023	12:00	
3.13) Datos registrados en ETHRP1, en 2022: del 20 de julio a las 16:20 hasta el 31 de diciembre de 2022 a las 24:00 horas	01/Ene/2023 - 31/Dic/2023	00:10 a 24:00	
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHRP1, en 2024	FECHA	HORA	
3.14) Verificación de Ajuste de Cazoletas del Pluviómetro (PP1, NS=12685-1093) de la estación ETHRP1. a) Desconexión del pluviómetro b) Re-ubicación del panel solar. Se colocó sobre el barandal de la azotea de la Casa Ecológica Urbana c) Verificación de ajuste de las cazoletas dl pluviómetro de balancín d) Reconexión del pluviómetro e) Se generaron tres pulsos o caídas de balancín como prueba de que este pluviómetro de ETHRP1, continúa registrando eventos.	23/Abr/2024	a) 09:57 b) 10:00 - 10:15 c) 10:20 - 11:10 d) 11:16 e) 11:18	
<small>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</small>			
hoja 2 de 3			



ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHRP1, en 2024 (continuación)		FECHA	HORA
3.15) Periodo de existencia de datos de la estación ETHRP1, al 100 % en sitio, con los datos faltantes ya señalados.		16/Abr/2021 - 08/Ago/2024	17:00 a 10:00
3.16) Los sensores de Temperatura y Humedad relativa, se re-calibrarán a finales de octubre de este 2024.		08-10/Oct/2024	
3.17) La estación ETHRP1 ha estado funcionando correctamente a la fecha y se continuará midiendo todo el 2024 y hasta el próximo año 2025 de manera continua.		08/08/2024	10:00
NOMBRE DEL SUPERVISOR:		M. en C. José Alfredo Mundo Molina	
Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel. (777) 329 3600 www.gob.mx/imta			

Lo que resalta en esta bitácora de la estación ETHRP1:

- a) La estación ETHRP1 está instalada dentro de la Casa Ecológica Urbana, en el lado noroeste de la casa, entre la sala de estar y el baño, cuyas coordenadas son 18.882158 latitud Norte y -99.157621 de longitud Oeste.

La estación ETHRP1, consta de los siguientes sensores:

- i) un sensor de temperatura ambiente (T2), a 1.8 m de altura,
- ii) un sensor de humedad relativa (RH2), a 1.8 m de altura,
- iii) un sensor de temperatura (T5), a 20 cm cercano al techo
- iv) un sensor de temperatura (T6), pegado al techo de la Casa Ecológica Urbana,
- v) un pluviómetro PPI, ubicado a 4.29 metros de altura (altura, tomada del suelo a la boca del embudo del pluviómetro), sobre el barandal, en el lado norte de la Casa Ecológica Urbana, a 18.882187 de latitud Norte y -99.157601 de longitud Oeste.

- b) Que los sensores de temperatura y humedad fueron calibrados el 30 de octubre y se pos-procesaron todos los datos desde el 16 de abril al 18 de octubre de 2021. Los datos registrados por la estación ETHRP1, ya están calibrados y con trazabilidad, es decir, son datos confiables.





- c) Desde el 20 de julio la estación ETHRP1 cuenta con un pluviómetro de balancín y se mide la lluvia cada 10 minutos.
- d) Es necesario descargar datos de la estación antes de los 11 días, 17 horas y 50 minutos, para no perder datos, por almacenamiento lleno.
- e) Con la estación ETHRP1 se han registrado datos desde el 16 de abril de 2021, a las 17:00 a la fecha más actual descargada del 08 de agosto de 2024, a las 10:00 horas. La estación ETHRP1 continuará midiendo y registrando datos todo 2024 y 2025.





Tabla 20: Bitácora de la estación ETHR3

MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA			
BITÁCORA DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS					
INSTITUCIÓN Y ÁREA		INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA SUBCOORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E INFRAESTRUCTURA VERDE			
NOMBRE DE LA ESTACIÓN		ETHR3			
Coordenadas de localización		Latitud Norte: 18°52'54"N Longitud Oeste: 99° 9' 27"			
Ubicación de la estación meteorológica:		Dentro de las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), dentro de la Casa Ecológica Rural (CER), de la Coordinación de Hidráulica.			
Ubicación de la PC receptora de datos:		Se utiliza una laptop con software LoggerNet, para bajar los datos en sitio, en conexión directa, vía puerto serial.			
1) REGISTRO DE NÚMEROS DE SERIE DE LOS COMPONENTES DE LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA: ETHRP3					
Componente de la estación meteorológica		MARCA	MODELO		
Datalogger (Plataforma colectora de datos) alojada dentro de caja metálica		Campbell Scientific	CR10		
Panel de alambrado para el datalogger		Campbell Scientific	-		
Sensor de Temperatura ambiente (T1) y protector multiplatos		Vaisala	HMP45AC		
Sensor de Humedad Relativa (HR1)		Vaisala	HMP45AC		
Sensor de Temperatura de Techo (T7)		Vaisala	108B		
Panel Solar		SOLAREX	SX10M		
Regulador de voltaje		Campbell Scientific	PS12		
Batería recargable de 12 volts y 7 AH		Steren	BR-1207		
Caja que aloja la electrónica		Campbell Scientific	-		
2) SENSORES QUE QUEDAN INSTALADOS EN LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA ETHR3, OPERANDO AL 100 %					
SENSOR	No. de Serie	Coeficientes de Calibración			
		A	B	C	D
Temperatura	C4240071	-5.6340E-01	9.9236E-01	7.1429E-04	-5.0779E-06
Humedad Relativa	C4240071	1.2348E-14	1.134546342	-0.001770749	6.62745E-06
3) ACCIONES REALIZADAS EN LA ESTACIÓN AUTOMÁTICA, ETHR3.		FECHA	HORA		
3.1) Mediciones de los sensores: a) la estación ETHR3 realiza mediciones cada 10 minutos de: Temperatura ambiente (T1), Humedad relativa (HR1) y Temperatura pegado al techo (T7). Se registra la fecha y hora local de la medición (en hora Centro, horario de invierno). Se miden promedio de la Humedad Relativa, Valor instantáneo de la humedad relativa, Promedio de la temperatura ambiente, valor instantáneo de la temperatura ambiente, promedio de la temperatura del techo y valor instantáneo de la temperatura del techo. b) Los sensores de ETHR3 se instalaron según las recomendaciones de OMM (entre 2.18 m y 2.87 m). c) La capacidad de memoria y/o almacenamiento de datos del datalogger es de 10000 Bytes, con una duración de 20 días, 8 horas y 20 minutos . Cuando la memoria, que es cíclica, se llena, borrará datos viejos por datos nuevos. En caso de falla en el sistema de alimentación de energía, los datos y el programa operativo, se perderían, porque tiene memoria volátil.		-	-		
<small>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</small>					
hoja 1 de 3					





ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHR3, en 2021	FECHA	HORA
3.2) Instalación de la estación ETHR3.	22/04/2021	13:30
3.3) Se perdieron datos de varios periodos. Del 22 de abril a las 15:40 horas, al 12 de mayo de 2021 a las 10:20 horas; por fallas y cortes de energía del sistema de alimentación de la casa ecológica.	22/Abr/2021- 12/May/2021	15:40 a 10:20
3.4) Por falla en la estación de medición no se registraron datos (T1, HR1 y T7), del 12 de mayo 10:50 al 14 de junio de 2021 a las 1:20 horas.	12/May/2021- 14/Jun/2021	10:50 a 01:20
3.5) Se midió de manera continua desde el 14 de junio de 2021 a la 01:30 hasta el 06 de julio de 2021 a las 15:00 horas.	14/Jun/2021 - 06/Jul/2021	01:30 a 15:00
3.6) No se registraron datos del 06 de julio a las 15:30 al 07 de julio de 2021 a las 22:00 horas, por no descargar a tiempo los datos.	06/07/2021. 07/07/2021	15:30 a 22:00
3.7) Se midió de manera continua desde el 07 de julio de 2021 a la 22:10 hasta el 18 de Octubre de 2021 a las 11:30 horas.	07/Jul/2021 - 18/Oct/2021	22:10 a 11:30
3.8) Datos registrados en ETHR3, en 2021: del 14 de junio a las 01:30 hasta el 18 de Octubre de 2021 a las 11:30 horas	17/Abr/2021 - 29/Nov/2021	01:30 a 11:30
3.9) Se desinstalaron los sensores de temperatura y humedad relativa de la estación ETHR3, el 18 de Octubre de 2021 a partir de las 11:35 horas, para enviarlos a calibración.	18/10/2021	11:35
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHR3, en 2022	FECHA	HORA
3.10) Re-inicio de la captura de datos de la estación ETHR3.	21/07/2022	12:00
3.11) No se descargaron datos y se perdieron del 28 de Septiembre a las 15:30 al 30 de Septiembre de 2021 a las 24:00 horas.	28/Sep/2022 - 31/Dic/2022	15:30 a 24:00
3.12) Datos registrados en ETHR3, en 2022: del 21 de Julio a las 12:00 hasta el 31 de diciembre de 2022 a las 24:00 horas	21/Jul/2022 - 31/Dic/2022	12:00 a 24:00
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHR3, en 2023	FECHA	HORA
3.13) La estación ETHR3 sigue operando de manera continua y se registraron y descargaron datos de la desde el 01 de enero de 2023 a las 00:10:00 horas	01/01/2023	00:10
3.14) Datos registrados en ETHR3, en 2023: del 01 de Enero a las 00:10:00 hasta el 31 de diciembre de 2023 a las 24:00 horas	01/Ene/2023 - 31/Dic/2023	00:10 a 24:00
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHR3, en 2024	FECHA	HORA
3.15) La estación ETHR3 sigue operando de manera continua y se registraron descargaron datos de la desde el 01 de enero de 2024 a las 00:10:00 horas	01/01/2024	00:10
3.16) Debido a que se enviaron a calibración a los sensores de Temperatura (T1) y Humedad relativa (HR1), no se registraron datos del 23/May/2024 a las 10:50 hasta el 24/Jun/2024 a las 12:00. Solamente se registraron datos de la temperatura del techo (T7).	23/May/2024 - 24/Jun/2024	10:50 a 12:00
3.17) Los sensores de Temperatura y Humedad relativa, se re-calibraron el 10 de junio de 2024.	10/06/2024	-

Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel. (777) 329 3600 www.gob.mx/imta





 MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		 IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA	
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN ETHR3, en 2024 (continuación)	FECHA	HORA	
3.18) Se han descargado datos hasta el 08 de agosto de 2024, por la elaboración del informe final. Pero la estación ETHR3 continuará operando y registrando datos hasta el 31 de diciembre de 2024	08/08/2024	10:30	
3.19) Periodo de existencia de datos de la estación ETHR3, de 2021 a 2024:	14/Jun/2021 - 08/Ago/2024	01:30 a 10:30	
NOMBRE DEL SUPERVISOR:	M. en C. José Alfredo Mundo Molina		
<small>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</small>			
hoja 3 de 3			

De la bitácora de la estación ETHR3, podemos decir, que:



- a) Instalada dentro de la Casa Ecológica Rural.
- b) Por calibración de sensores de temperatura y humedad relativa, se desinstalaron dichos sensores el 18 de octubre de 2021 y no se tienen datos de éstos, después de esta fecha y el resto del año.
- c) Reiniciaron las mediciones a partir del 21 de julio de 2022
- d) Por re-calibración de los sensores de temperatura y humedad relativa, se desinstalaron estos sensores desde el 23 de mayo hasta el 24 de junio de 2024. Los sensores tienen fecha de calibración, en un laboratorio secundario, del 10 de junio de 2024.
- e) Es necesario recolectar datos antes de los 20 días, 8 horas y 20 minutos para no perder datos.
- f) Esta estación cuenta con datos continuos, a excepción de los periodos mencionados en la bitácora, desde el 14 de junio de 2021, a la 01:30, hasta la fecha del 08 de agosto de 2024 a las 10:30.



Tabla 21: Bitácora de la estación EMA-CSI_IMTA

MEDIO AMBIENTE SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES		IMTA INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA			
BITÁCORA DE ACTIVIDADES EN ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS					
CLIENTE	INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA UNIDAD DE VINCULACIÓN Y ASUNTOS INTERNACIONALES				
NOMBRE DE LA ESTACIÓN	EMA-CSI_IMTA				
Coordenadas de localización	Latitud Norte: 18° 52' 54.120" Longitud Oeste: -99° 9' 27"				
Ubicación de la estación meteorológica:	Dentro de las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), entre las casas ecológicas, al Sureste de la Casa Ecológica Urbana I, de la Coordinación de Hidráulica.				
Ubicación de la PC receptora de datos:	Se utiliza una laptop para bajar los datos en sitio, en conexión directa, vía puerto serial.				
1) REGISTRO DE NÚMEROS DE SERIE DE LOS COMPONENTES DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA: EMA-IMTA					
Componente de la estación meteorológica	MARCA	MODELO	No de SERIE		
Datalogger (Plataforma colectora de datos) alojada dentro de caja metálica	Campbell Scientific	CR10X	CB=23513 NS= X21315		
Panel de alambrado para el datalogger	Campbell Scientific	-	11881		
Sensor de Temperatura ambiente y su protector multiplatos	Vaisala	HMP35C-EMA3	s/n		
Sensor de Humedad Relativa	Vaisala	HMP35C-EMA3	s/n		
Sensor de presión barométrica	Vaisala	PTB101B	R3830008		
Sensor de radiación solar: S = 20.77 uV/W/m2. En software 48.	Licor	LH-200SZ	PY19173		
Sensor de Magnitud y Dirección de viento	R.M. Young	5103	-		
Medidor de Precipitación pluvial. Factor d ajuste = 0.2 mm =>	Texas Electronics	TRP-525M	12682-1093 C1050310		
Panel Solar	BP SOLAR	SX10M	2495269		
Regulador de voltaje	Campbell Scientific	PS12	18537		
Batería recargable de 12 volts y 7 AH	Steren	BR-1207	-		
2) SENSORES QUE QUEDAN INSTALADOS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA OPERANDO AL 100 %					
SENSOR	No. de Serie	Coeficientes de Calibración			
		A	B	C	D
Temperatura	EMA3-1003	-1.5255E-01	1.0484E00	-3.0739E-03	5.0185E-05
Humedad Relativa	EMA3-1003	-4.8448E00	1.41832E00	-1.12105E-02	6.84994E-05
3) ACCIONES REALIZADAS EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EMA-IMTA		FECHA	HORA		
<p>3.1) Mediciones de los sensores:</p> <p>a) la estación EMA-CSI_IMTA realiza mediciones cada 10 minutos las variables de: Temperatura Ambiente (T3), Humedad Relativa (HR3), Presión Barométrica (PB), Radiación Solar (RS), Magnitud del Viento (MV), Dirección del Viento (DV) y Precipitación Pluvial (PP3)</p> <p>b) Los sensores EMA-CSI_IMTA se instalaron según la recomendaciones de OMM (entre 2.29 m y 2.88 m), con excepción de viento que están a 3.11 m y no a 10.0 metros de altura _recomendación OMM.</p> <p>c) La capacidad de memoria y/o almacenamiento de datos del datalogger: 128 Kbytes (62000 valores) para almacenamiento de datos. Con los datos de las siete variables: temperatura, humedad y presión, radiación solar, magnitud y dirección del viento (valor instantáneo, promedio, máximo y mínimo de cada variable), almacenándose cada 10 minutos. El CR10X tiene una capacidad de almacenar datos por 19 días y 9 horas. Una vez terminado este tiempo, la memoria que es cíclica, borrará datos viejos por datos nuevos, pero este modelo CR10X tiene la capacidad de la no volatilidad, es decir, los datos permanecen en la memoria del datalogger, aunque falle el sistema de alimentación de energía.</p>		-	-		
<p>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</p>					



 MEDIO AMBIENTE <small>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</small>		 IMTA <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>	
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EMA-CSI IMTA, en 2021		FECHA	HORA
3.2) Calibración (interna, sin trazabilidad) de sensores de temperatura y humedad relativa		31-mar-21	-
3.3) Instalación e inicio de operación de la estación meteorológica EMA-IMTA		05-may-21	22:00
3.4) Se registraron datos del 5 de mayo a las 22:00 horas al 30 de mayo de 2021 a las 12:50 horas.		05/05/2021 - 30/05/2021	22:00:00 a 12:50:00
3.5) Datos faltantes (no registrados por fallas en la estación) del 30 de mayo de 2021 a las 13:00 hasta el 10 de agosto de 2021 a las 9:20 horas		30/05/2021 - 10/Ago/2021	13:00:00 a 9:20:00
3.6) Se registraron datos del 10 de agosto de 2021 a las 09:30 horas hasta las 24 horas del 31 de octubre de 2021, de manera continua.		10/08/2021 - 31/Oct/2021	09:30:00 a 24:00:00
3.7) Calibración con trazabilidad de los sensores de Temperatura y Humedad relativa, después del 3 de noviembre: Fecha en que se desinstalan los sensores para su re-calibración. Los coeficientes se detallan en la sección 2. La fecha de determinación de los nuevos coeficientes después de calibración: el 07 de diciembre de 2021		07/Dic/2021	-
3.8) Se tienen registrados datos del 5 de mayo a las 22:00 al 03 de noviembre a las 13 horas del 2021, con el lapso de datos perdidos ya mencionados.		05/05/2021 - 03/11/2021	22:00:00 13:00:00
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EMA_IMTA, en 2022		FECHA	HORA
3.9) En 2022. Inicio de las mediciones de EMA-IMTA: 27 de marzo de 2022, 06:10 horas. Solamente se midieron presión barométrica, radiación solar, magnitud y dirección del viento y precipitación pluvial. No se midieron temperatura y humedad.		27-mar-22	06:10
3.10) Se estuvo midiendo las variables mencionadas, excepto temperatura y humedad relativa, desde el 27 de marzo al 26 de abril de 2022, hasta las 11:30 horas. Solamente se midieron presión barométrica, radiación solar, magnitud y dirección del viento y precipitación pluvial. No se midieron temperatura y humedad.		27/03/2022 - 26/04/2022	06:10 a 11:30
3.11) Cambio de software y segundo programa operativo, denominado "PO_EMA1-29Abr22.dld", con 17 columnas de datos cada 10 minutos y 34 columnas de datos cada 24 horas		26-abr-22	11:40
3.12) Instalación de sensores de Temperatura y humedad relativa Ya CALIBRADOS. Cambio de software y salida de datos. Se instaló el 3er Programa Operativo: "PO_EMA1-25Mayo2022-THR Cal-OK.dld"		25-may-22	11:00
3.13) Se perdieron datos desde el 25 de mayo a las 11:50 al 26 de mayo a las 6:50 (19 horas de datos perdidos)		25/05/2022- 26/05/2022	11:50:00 06:50:00
3.14) Se tienen registros continuos de datos en 2022, en EMA_IMTA, de temperatura y humedad relativa, presión barométrica, radiación solar, magnitud y dirección del viento y precipitación pluvial, desde el 26 de mayo a las 07:00 hasta el 31 de diciembre a las 24:00 horas.		26/05/2022 al 31/Dic/2022	07:00:00 24:00:00
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EMA-CSI IMTA, en 2023		FECHA	HORA
3.15) En 2023. Inicio de las mediciones de EMA-CSI_IMTA:		01-ene-23	00:10
3.16) Del 30 de mayo al 06 de junio, el pluviómetro de la estación EMA-CSI_IMTA no estuvo operando, porque se sometió al proceso de ajuste.		30/May - 06Jun2023	12:30 17:10
<small>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</small>			





MEDIO AMBIENTE <small>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</small>		IMTA <small>INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA</small>	
3.18) Se calibró el pluviómetro no de serie 12682-1093. Se dejó ajustado a 0.1002 mm de lámina de lluvia por balanceo, con un error de medición de 0.3622 %		29-30Jun2023	
3.19) El 30 de junio a las 17:30 se sustituyó el pluviómetro original de la estación EMA-CSI_IMTA, por el pluviómetro con número de serie 12682-1093.		30-jun-23	17:30
3.20) La EMA-CSI_IMTA, dejó de medir del 09 de julio a las 18:10 hasta el 11 de julio a las 10:30 horas. Empezó a medir a partir del 11 de julio a las 10:40 horas y en el valor de la lluvia se registró un valor acumulado de lluvia de 29.1 mm (se comparó con las otras estaciones y no existe una lluvia así). Este valor representa el acumulado de lluvia, desde que dejó de medir (09 de julio 18:10) hasta que empezó a medir (11 de julio 10:40). Esa primera línea de medición, de las 10:40 del 11 de julio, se observa que son promedios de todas las variables medidas por la estación, de todo el periodo que no estuvo midiendo. La razón de la falla del datalogger, se le terminó la batería de litio interna.		09 -11jul	18:10 - 10:30
3.21) El 17 de julio se cambió la caja de seguridad (se requería esta caja, por tener código de barras individual y que se podría utilizar en otro proyecto). Después de terminar el cambio de caja, a las 13:20 empezó a medir, pero al día siguiente 18 de julio, se acudió a respaldar los datos y la estación había dejado de almacenar datos. Se perdieron datos del periodo del 17 de julio a las 13:20 al 18 de julio a las 13:10. Se restableció el almacenamiento de datos a las 13:20 del 18 de julio de 2023.		17 de julio al 18 Julio de 2023	13:20 13:10
3.22) La estación EMA-CSI_IMTA estuvo operando y registrando datos desde el 01 de enero a las 00:10:00 hasta el 31 de diciembre a las 24 horas de 2023, con excepción de cortos periodos que no se registraron datos por algunas fallas, y por sustituciones de componentes de la estación.		01/01/2023-31/12/2023	00:10:00 - 24:00:00
ACTIVIDADES EN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EMA-CSI_IMTA, en 2024		FECHA	HORA
3.23) La estación meteorológica automática EMA-CSI_IMTA, continuó registrando datos en este 2024, desde el 01 de enero a las 00:10:00		01-ene-24	00:10:00
3.24) Se realizó verificación del ajuste del pluviómetro con núm de serie 12682-1093. El 30 de junio de 2024, se dejó ajustado a 0.1002 mm de lámina de lluvia por balanceo, con un error de medición de 0.3622 %. En la verificación se obtuvieron los siguientes registros: a) Ajuste de cazoleta izquierda (la derecha estaba en nivel bajo): 5.0, 4.70, 4.80 y 4.85 y b) Ajuste de cazoleta derecha (la izquierda en nivel bajo): 4.90, 5.00, 5.00, 4.60 y 4.80. El pluviómetro estuvo desconectado de las 11:40 a las 12:05 del 23 de abril de 2024. Como resultado se obtuvo que tiene una lámina de 0.1020 Y UN ERROR DE 1.83 % arriba del valor óptimo.		30-jun-24	11:40 - 12:05
3.25) El periodo de medición que se tiene registrado en este 2024 en la estación meteorológica es desde 01 de enero a las 00:10:00 hasta el 08 de agosto de 2024 a las 10:30 am.		01/01/2024-31/12/2024	00:10:00 - 24:00:00
3.26) La estación meteorológica EMA-CSI_IMTA, continuará operando y registrando datos hasta el 31 de diciembre de 2024.			
NOMBRE DEL SUPERVISOR:	M. en C. José Alfredo Mundo Molina		
<small>Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, CP. 62550, Jiutepec, Morelos. Tel: (777) 329 3600 www.gob.mx/imta</small>			

La bitácora de la estación meteorológica registra que la estación EMA-CSI_IMTA:

- a) Está ubicada entre las dos Casas Ecológicas Urbana y Rural.
- b) Inició su operación el 27 de marzo de 2021





- c) Mide cada 10 minutos: temperatura ambiente, humedad relativa, presión barométrica, radiación solar, magnitud y dirección del viento y precipitación pluvial.
- d) Los sensores de temperatura y humedad relativa se desconectaron a partir del 03 de noviembre de 2021, para someterlos al proceso de calibración. En esta fecha ya no se continuó con la descarga de datos de la estación.
- e) La estación resguarda datos durante 19 días y 9 horas. Cuando se pasa este límite de tiempo, la memoria es cíclica, por lo que, los datos viejos se borran y se almacenan los datos más actuales.
- f) Se tienen datos meteorológicos registrados de manera continua y completa de todas las variables del 10 de agosto al 03 de noviembre de 2021. Del 26 de mayo al 31 de diciembre de 2022. Del 01 de enero al 31 de diciembre de 2023 y del 01 de enero de 2024 al 08 de agosto de 2024.





Mediciones, registro y análisis de Lluvia.

Mediciones de Precipitación Pluvial

La temporada de lluvias en este 2024, inició el 06 de junio a las 20:00 horas y hasta la fecha de este informe, aún continúa lloviendo. Por lo que los resultados de este 2024, son parciales, puesto que no ha terminado la temporada de lluvias.

En la Gráfica 9, Gráfica 10, Gráfica 11 y Gráfica 12, así como en la Tabla 22 y la Tabla 23, muestran las gráficas y datos de precipitación pluvial con los acumulados mensuales y anuales en este 2024.

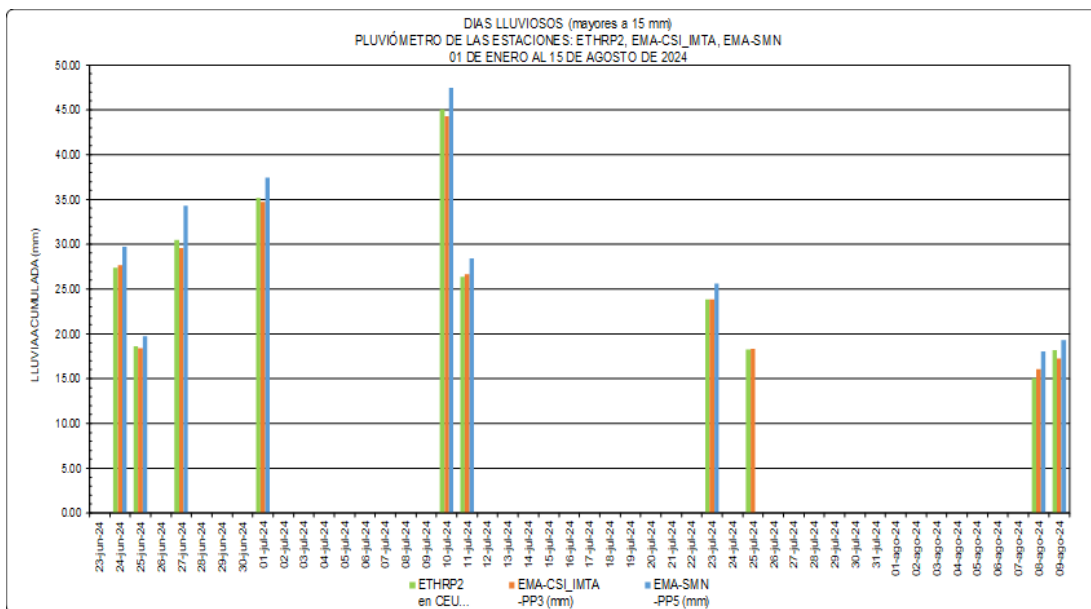
Las mediciones de precipitación pluvial fueron registradas por tres pluviómetros:

- 1) PP2, de la estación de medición ETHRP2, ubicada en la Casa Ecológica Urbana, a una altura de 4.29 metros en el lado Norte de la Casa Ecológica. Las líneas en las gráficas que identifican los registros de este pluviómetro PP2 se resaltan con el color verde claro. Cabe mencionar, que por logística y un mejor orden, se renombró esta estación con el nombre de ETHRP2 (antes ETHRP1) y el pluviómetro con el nombre PP2 (antes PP1).
- 2) PP3, de la estación meteorológica EMA-CSI_IMTA, ubicada entre las dos casas ecológicas. El pluviómetro PP3 está instalado a 1.05 metros del suelo, cerca de la EMA-CSI_IMTA. En las gráficas, los registros de lluvia de este pluviómetro PP3 se muestran en color naranja.
- 3) PP5, de la estación meteorológica de la red del Servicio Meteorológico Nacional, EMA-SMN. La estación meteorológica está ubicada atrás, al sureste, de los edificios Anexo y edificio 30 de la Subcoordinación de Eventos Extremos y Cambio Climático (EEyCC). El pluviómetro PP3 está instalado a aproximadamente a 6.5 metros del suelo, sobre el andamio de la estación EMA-SMN. El color azul claro (celeste) es la línea que denotan los registros de lluvia de este pluviómetro PP5. También cabe hacer la aclaración que, para mejorar el orden y relación de los nombres, este pluviómetro de la EMA-SMN, se le denomina ahora PP5 (antes PP2).



Análisis de Precipitación Pluvial en 2024

Del 01 de enero al 15 de agosto de 2024, se registraron 57 días con lluvia, de los cuales 10 días, fueron días lluviosos con precipitaciones mayores a 15 mm por día. La Gráfica 9 y la Tabla 22, muestran los días lluviosos, con acumulados mayores a 15 mm por día, siendo el día 10 de julio de 2024, el de mayor cantidad de lluvia registrada y acumulada. Ese día la estación ETHRP2 de la Casa Ecológica Urbana, midió 45.05 mm de lluvia, la estación EMA-CSI_IMTA, midió 44.284 mm y la estación del Servicio Meteorológico Nacional midió 47.47 mm. El 01 de julio fue el segundo día con mayor precipitación pluvial y el tercer lugar, como día más lluvioso, fue el 27 de junio de 2024.



Gráfica 9: Días lluviosos con acumulados mayores a 15 mm, en 2024.

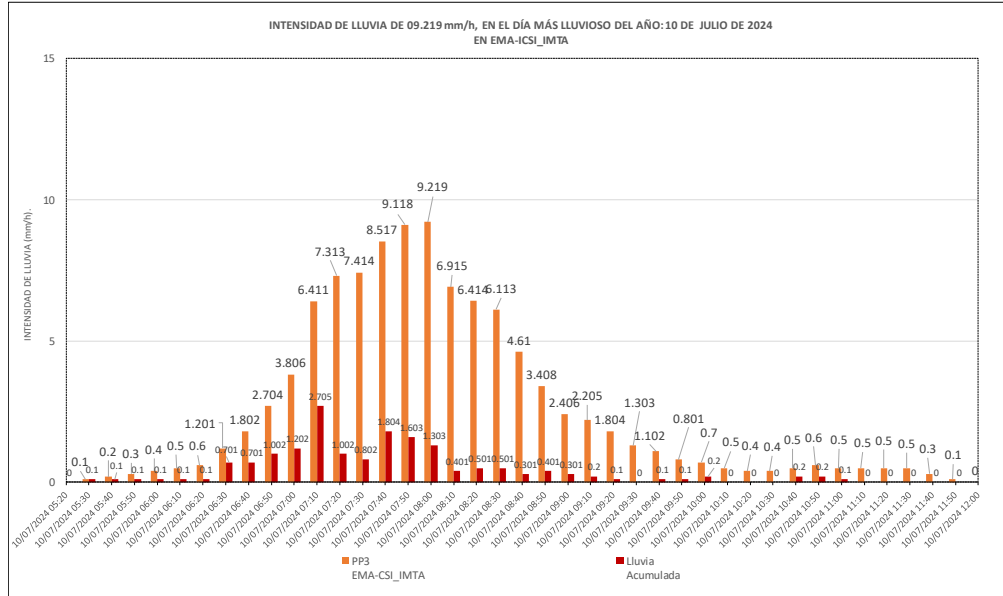


Tabla 22: Días lluviosos con acumulados mayores a 15 mm

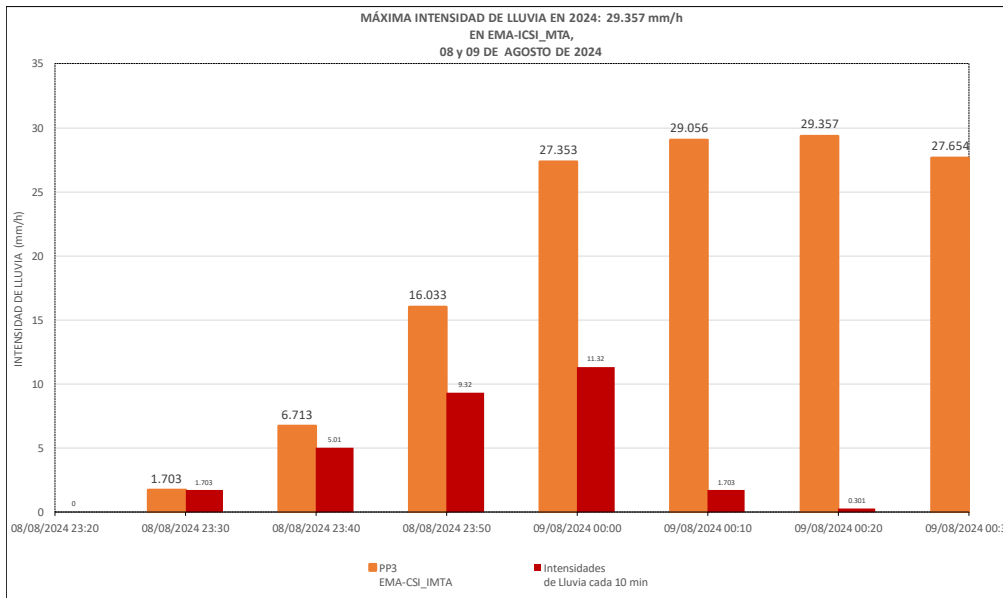
Máximos Acumulados (mayores a 15 mm) de Lluvia en 2024			
Fecha	ETHRP2 en CEU -PP2 (mm)	EMA-CSI_IMTA -PP3 (mm)	EMA-SMN -PP5 (mm)
10-jul-24	45.0500	44.2840	47.4700
01-jul-24	35.2030	34.7620	37.4400
27-jun-24	30.4500	29.5610	34.2700
24-jun-24	27.4030	27.6550	29.7200
11-jul-24	26.3820	26.6490	28.4200
23-jul-24	23.8490	23.8460	25.6400
25-jun-24	18.6700	18.4330	19.7600
25-jul-24	18.2690	18.3310	0.0000
09-ago-24	18.1710	17.2320	19.3000
08-ago-24	15.0230	16.0330	18.0400
Lluvia Acumulada por los días lluviosos	258.4700	256.7860	260.0600

Aunque el día con más lluvia acumulada fue el 10 de julio, con 44.284 mm, en un tiempo de 6 horas con 50 minutos, este día, apenas tuvo una intensidad de lluvia de 9.219 mm/h (Gráfica 9); siendo el 09 de agosto el día que llovió con mayor intensidad, alcanzando los 29.357 mm/h. El 09 de agosto, solamente se acumularon 17.2320 mm de lluvia en una hora de lluvia intensa, pero, en 9° lugar por lluvia acumulada. La segunda máxima intensidad de lluvia ocurrió el 27 de junio, alcanzando una intensidad de 26.054 mm/h, que se acumularon 29.561 mm de lluvia en un tiempo de 2.0 horas Gráfica 12 . Este día ocupa la segunda máxima intensidad de lluvia y el tercer lugar en lluvia acumulada.



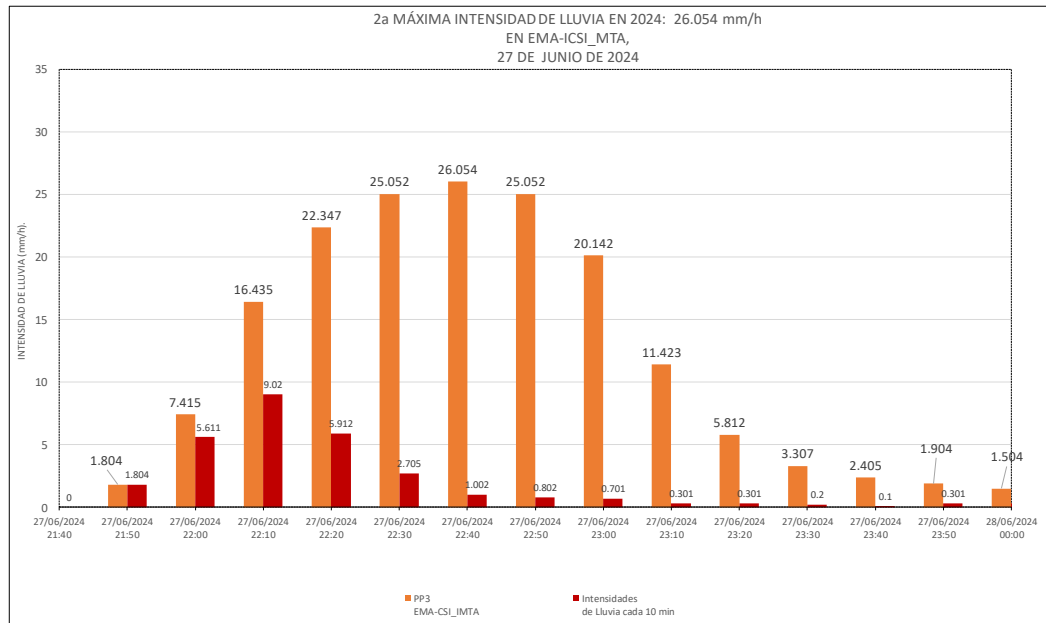


Gráfica 10: Intensidad de lluvia de 9.219 mm/h, en el día con más lluvia acumulada: 10 de julio de 2024



Gráfica 11: Día con máxima intensidad de lluvia: 29.357 mm/h, 08 y 09 de agosto de 2024



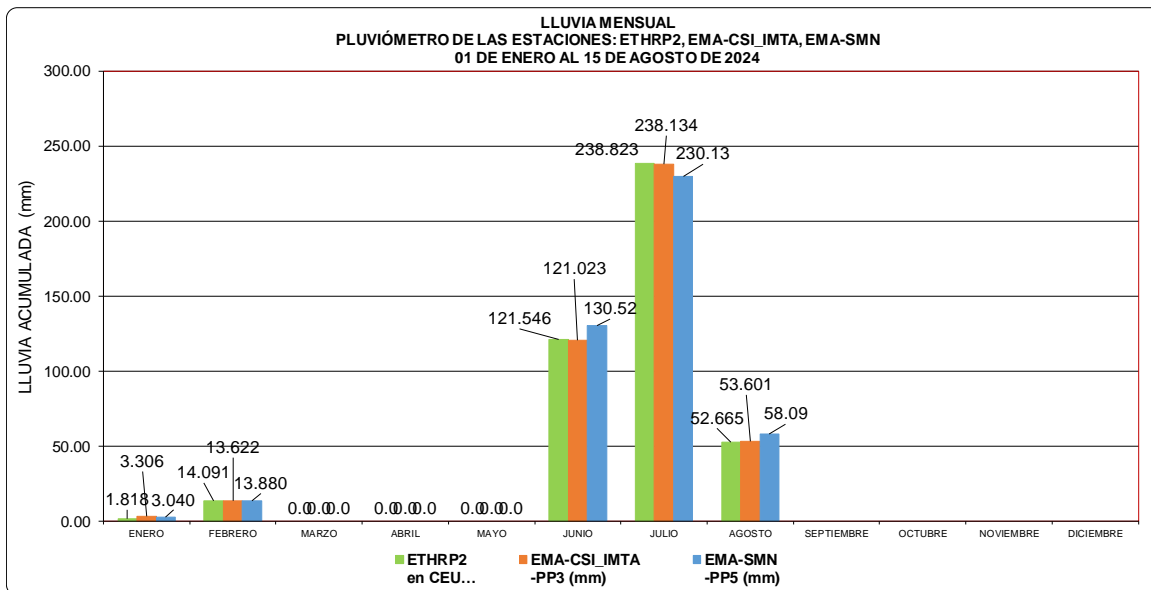


Gráfica 12: Segunda máxima intensidad de lluvia: 26.054 mm/h, 27 de junio de 2024

La Gráfica 13 y la Tabla 23, muestran la lluvia acumulada, mes a mes, del 01 de enero al 15 de agosto de 2024, en las tres estaciones de medición. El mes con más lluvia fue el mes de julio con 226.356 mm registrados en ETHRP2, 225.417 mm en EMA-CSI_IMTA y 220.29 mm en la EMA de SMN. Junio fue el segundo mes con más lluvia, con 121.23 mm acumulados (EMA-CSI_IMTA).

El total de lluvia anual registrada hasta el 15 de agosto de 2024, fue de 428.943 mm (medidos por la ETHRP2), 429.686 mm (medidos por la EMA-CSI_IMTA) y de 435.660 mm (medidos por la estación EMA-SMN).



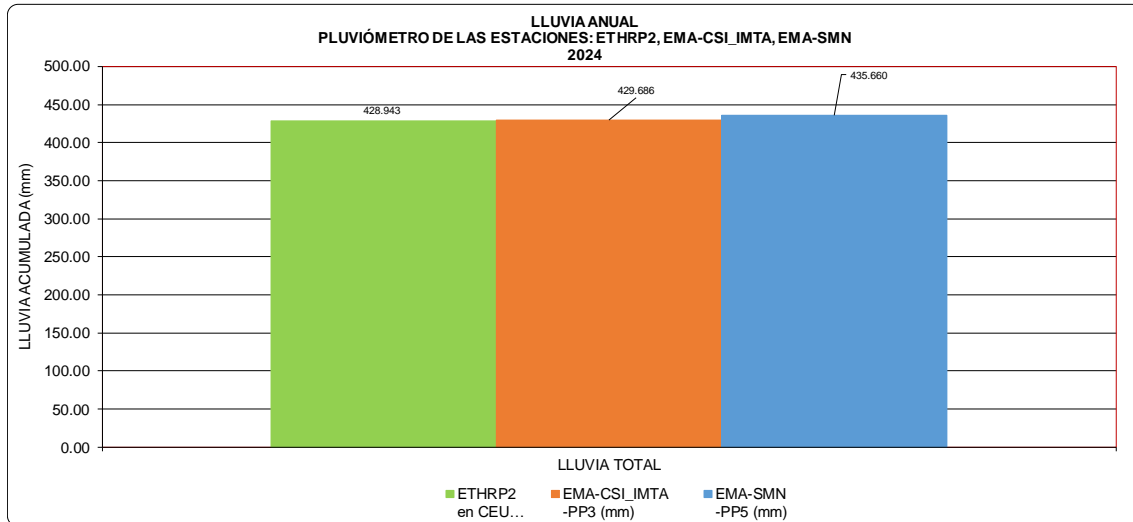


Gráfica 13: Lluvias mensuales en 2024.

Tabla 23: Registro Mensual de Precipitación Pluvial.

DATOS DE LLUVIA MENSUALES DE ESTACIONES: ETHRP2, EMA-CSI_IMTA y EMA-SMN DE AzV DÍAS CON LLUVIA: ENERO AL 15 DE AGOSTO DE 2024.			
2024 MES	ETHRP2 BAÑO SECO Lluvia Acumulada Lluvia PP2 mm	EMA-CSI_IMTA EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP3 mm	EMA-SMN EST MET AUTOM Lluvia Acumulada Lluvia PP5 mm
	ETHRP2 en CEU -PP2 (mm)	EMA-CSI_IMTA -PP3 (mm)	EMA-SMN -PP5 (mm)
ENERO	1.818	3.306	3.040
FEBRERO	14.091	13.622	13.880
MARZO	0.0	0.0	0.0
ABRIL	0.0	0.0	0.0
MAYO	0.0	0.0	0.0
JUNIO	121.546	121.023	130.52
JULIO	238.823	238.134	230.13
AGOSTO	52.665	53.601	58.09
SEPTIEMBRE			
OCTUBRE			
NOVIEMBRE			
DICIEMBRE			
LLUVIA TOTAL	428.943	429.686	435.660





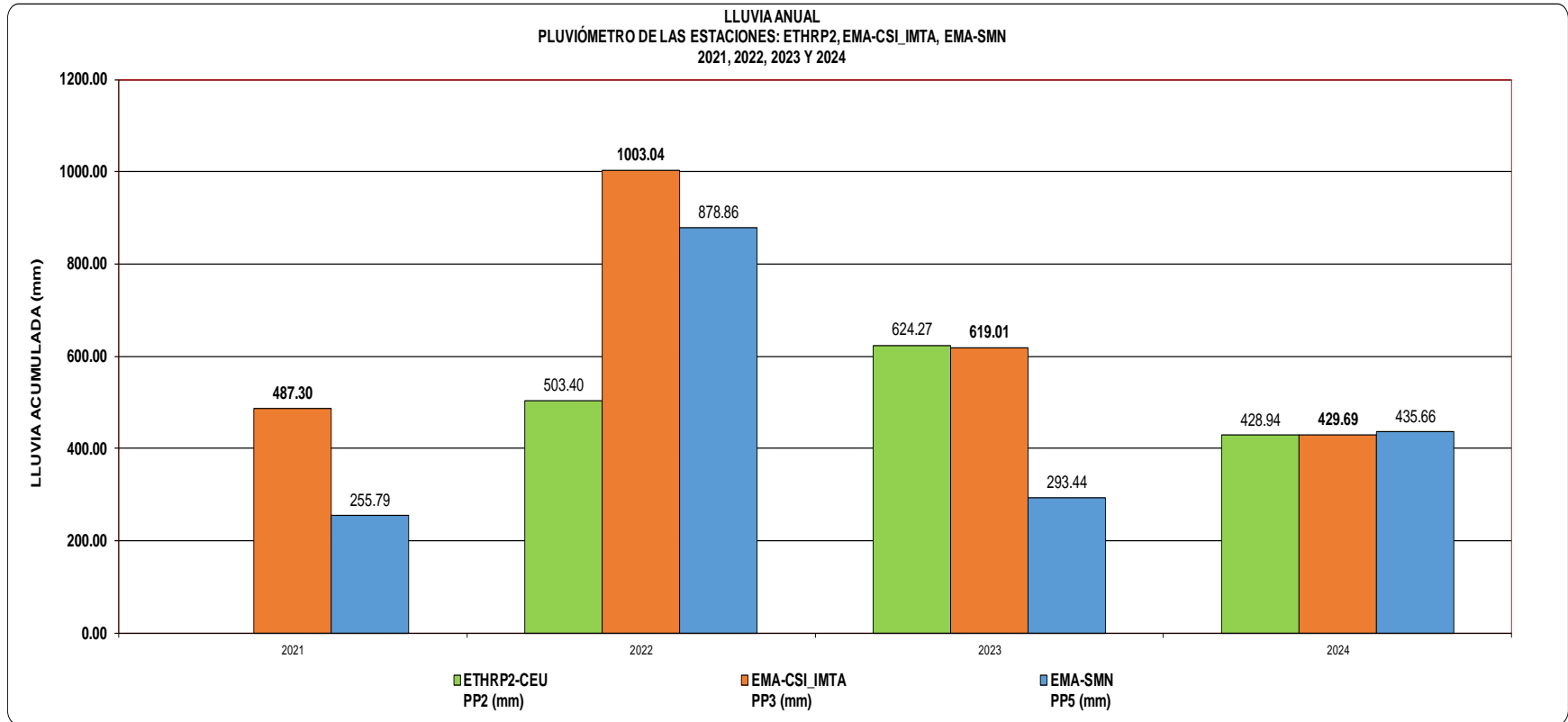
Gráfica 14: Lluvia anual en 2024

Revisando los años 2021 al 2024, los resultados son los siguientes:

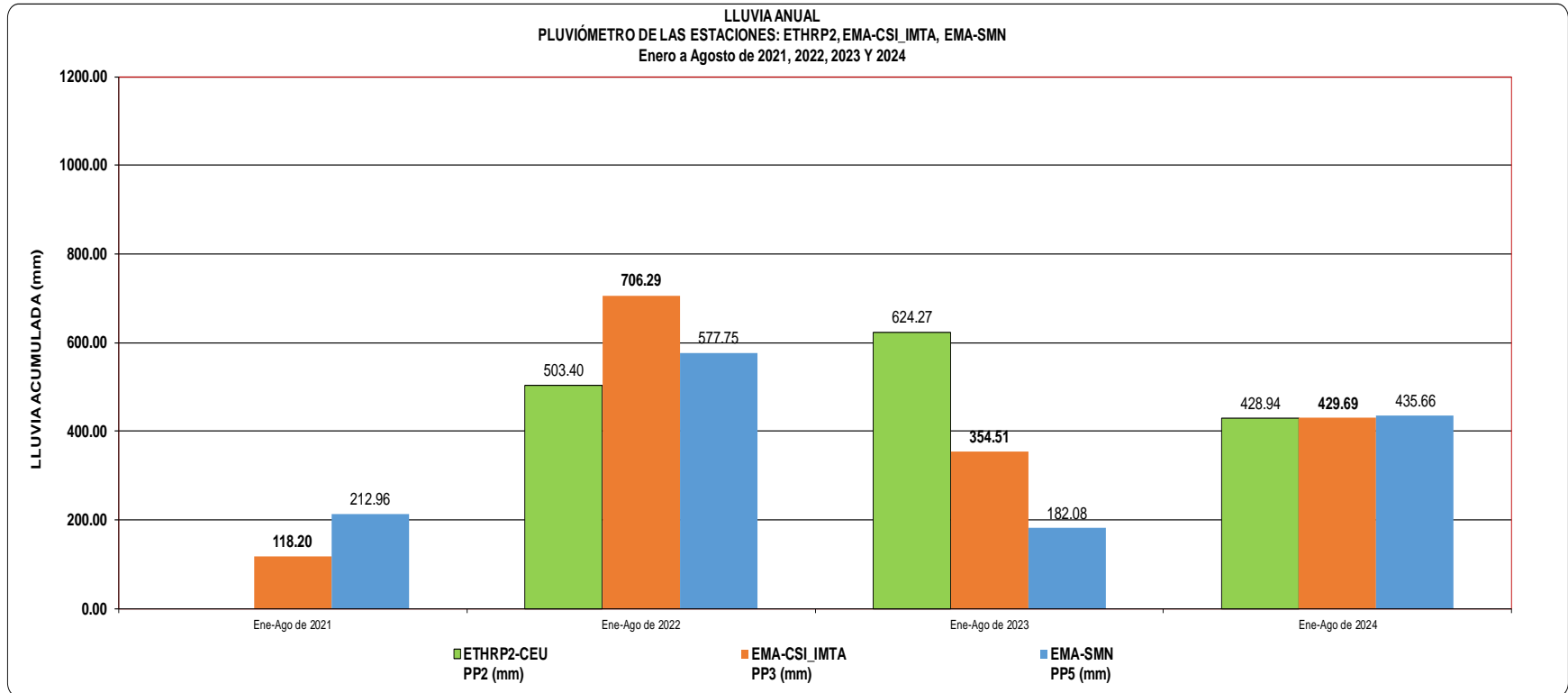
En la Gráfica 15 se muestran las lluvias anuales de 2021 a 2024, el 2022 sigue siendo el año con más precipitación pluvial, con 1003.04 mm (medidos por la estación meteorológica EMA-CSI_IMTA), le sigue el año 2023 con 619.01. Del 06 de junio al 15 de agosto de 2024, la estación EMA-CS_IMTA ha registrado 429.69 mm, se prevé que este año 2024 lloverá más.

Como se observa, en la Gráfica 16, se observan los datos de enero a agosto de cada uno de los años 2021, 2022, 2023 y 2024, y se tiene que, para agosto de 2022 la EMA-CSI_IMTA registró 706.29 mm, en 2023 se tuvieron 354.27 mm de lluvia y en 2024, hasta el 15 de agosto, se tiene un acumulado de 429.69 mm de lluvia. Por tanto, se espera que este 2024 llueva más que en 2023.

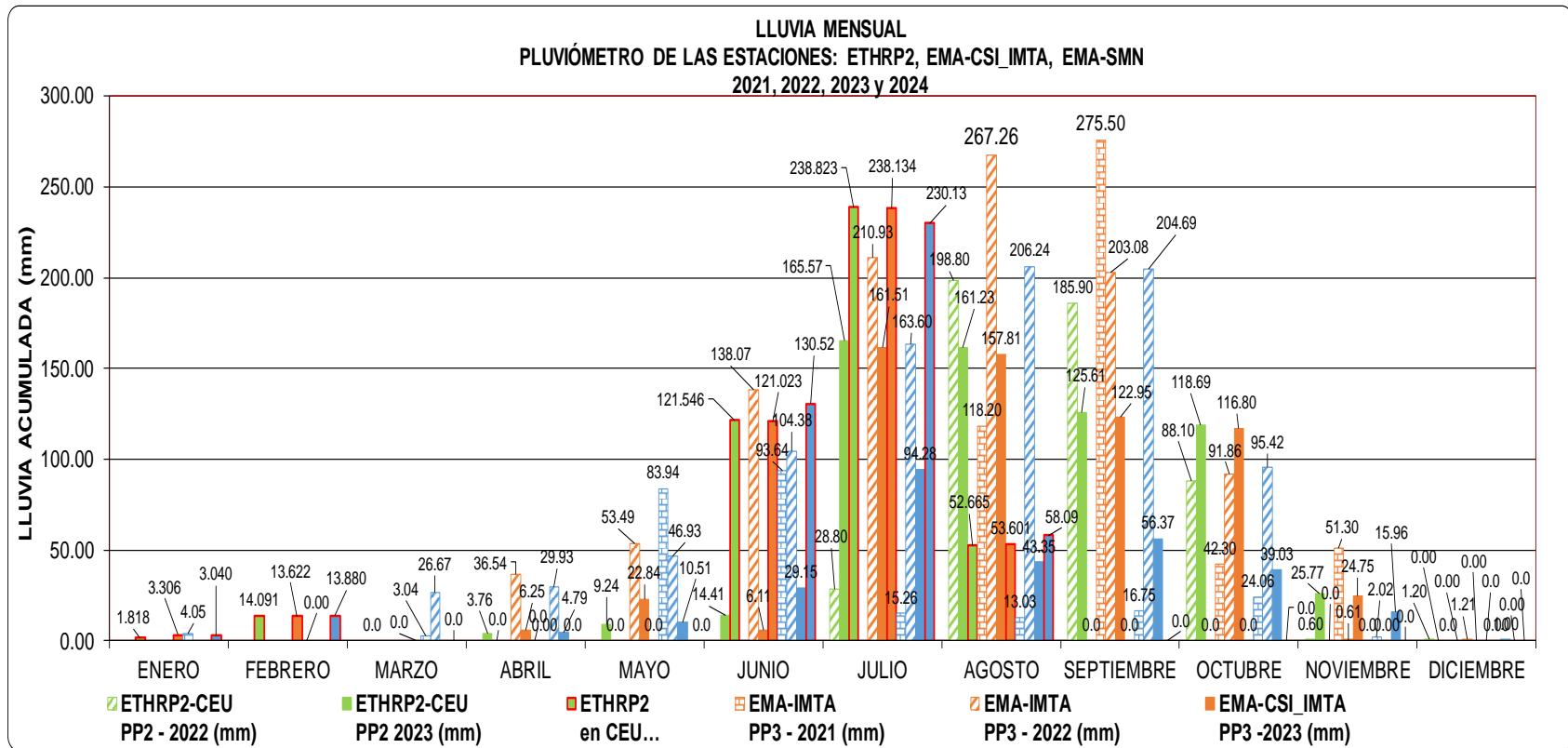
Según la Gráfica 17, el mes con más lluvia acumulada es septiembre de 2021 con 275.50 mm, le sigue el mes de agosto de 2022 con 267.26 mm y en tercer lugar el mes de julio de 2024 con 238.134, medidas por la estación meteorológica EMA-CSI_IMTA.



Gráfica 15: Lluvia anual de 2021 al 2024.



Gráfica 16: Lluvia anual de enero a agosto del 2021 al 2024.



Gráfica 17: Lluvia mensual de los años 2021 al 2024.



Mediciones, registro y comportamiento térmico, en las casas ecológicas.

Confort Higrotérmico.

El confort se puede describir como la sensación de estar cómodo, de estar “a gusto”, dentro de un entorno o situación. El confort puede ser emocional, psicológico, social o ambiental. Este último está directamente ligado a las condiciones del entorno en el que vivimos y trabajamos y, especialmente, a las condiciones de nuestra casa. Por esta razón, es clave conocer qué punto es importante controlar para lograr un mayor confort en nuestros hogares o espacio habitable. El confort higrotérmico depende de las condiciones ambientales de humedad y temperatura en un espacio interior. Para lograr el confort higrotérmico, es importante que las condiciones de humedad y temperatura en un entorno estén dentro de un rango óptimo y sean adecuadas para las actividades que se desarrollen en ese espacio.

La temperatura y la humedad interior perfectas en una casa pueden variar según las preferencias individuales y las condiciones climáticas regionales. De forma muy generalizada, se considera que una temperatura de confort térmico se encuentra en el rango de 20.0 a 26.0 grados Celsius y la humedad relativa óptima debe estar entre un 40.0 % y un 60.0 %, para la mayoría de las actividades diarias.

Hay que tener en cuenta que el confort higrotérmico depende en gran medida de las condiciones climáticas externas y las estaciones del año. No es lo mismo tener la casa a 22.0°C en verano que en invierno. Lo que se considera una temperatura o humedad «perfecta» puede ser subjetivo, y las preferencias pueden variar ampliamente.

Este tipo de confort depende de 4 factores:

- a) El primero sería la **radiación** (o falta de ella) originada principalmente en la fachada del edificio,
- b) El segundo es la **temperatura ambiente** del aire;





- c) La tercera, la *presión parcial de vapor de agua* o lo que se denomina como **humedad relativa**, y
- d) La cuarta variable del confort térmico es la **magnitud del aire** (impedir o provocar una corriente de aire).

Con estos cuatro valores se han elaborado modelos de confort, que determinan la mejor combinación para alcanzarlo

Para conocer el comportamiento térmico de cada una de las casas, se pueden utilizar cuatro métodos:

- a) Método Fanger, un estudio estadístico, de personas que muestran el grado de satisfacción de su sensación de estar cómodo y a gusto con las condiciones ambientales.
- b) Visualización del comportamiento de cada una de las variables para identificar si las casas cumplen con las condiciones de confort térmico de uso general, en el que el confort térmico se encuentra en el rango de 20.0 °C a 26.0 °C y de una humedad relativa óptima entre un 40.0 % a un 60.0 %.
- c) Cálculo de la sensación térmica por influencia de la temperatura y el viento, y
- d) Cálculo de la sensación térmica por influencia de la humedad relativa y la temperatura ambiente.



a) Método Fanger¹.

La norma ISO 7730:2006 detalla el método Fanger, un estudio estadístico en el que cada ocupante valora con un número entre el -3 (mucho frío) y el +3 (mucho calor) su grado de confort térmico. El resultado es el voto medio estimado o PMV (en inglés, *predicted mean vote*) de las personas que han votado. En paralelo, se debería medir la temperatura del aire, la velocidad del aire, la temperatura radiante del entorno y la humedad relativa.

Lo ideal es que el PMV estuviera entre el -0,5 y el +0,5, lo que indica que el porcentaje estimado de personas insatisfechas con la temperatura es inferior al 5%. En modelos de simulación energética a gran escala, se estudia el grado de confort térmico en un edificio para todas las horas del año según la temperatura exterior y el porcentaje global de horas en las que los sistemas de climatización no logran alcanzar ese confort. Si este valor es superior al 5%, se deben tomar medidas para corregir posibles defectos en la envolvente térmica del edificio.

El método Fanger es un indicador que pone la satisfacción de las personas en el centro del diseño arquitectónico y que ayuda además a determinar las certificaciones energéticas de los edificios.

Este método, no se utilizará debido a que corresponde a un análisis cualitativo.

b) Análisis visual del comportamiento de las variables.

Consistirá en graficar las mediciones realizadas en cada una de las casas ecológicas y realizar un análisis del comportamiento de las variables de temperatura y humedad relativa

c) Sensación Térmica, por temperatura y Viento².

¹ International Standard ISO 7730. Ergonomics of the thermal – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Third edition, 2005-11-15.





Por otra parte, existe un concepto que puede determinarse de manera cuantitativa y es el grado de frío o de calor que el cuerpo humano percibe en su entorno, y que se denomina “Sensación Térmica” o “Temperatura Percibida” (*Wind Chill*), la cual depende por supuesto, de la temperatura ambiente, de la magnitud del viento o el grado de humedad ambiental.

El concepto moderno de sensación térmica evolucionó a lo largo del siglo XX. El índice de Wind Chill fue desarrollado por el meteorólogo Maurice Bluestein en 1945, basándose en investigaciones sobre la pérdida de calor del cuerpo humano expuesto al viento.

Para determinar la sensación térmica, con respecto a la variable temperatura y viento, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Sensación térmica} = 13,12 + 0,6215T - 11,37V^{0,16} + 0,3965TV^{0,16}$$

Donde:

T = Temperatura ambiente, en °C.

V = Magnitud del viento, en km/h.

Esta fórmula se usa en Estados Unidos y Canadá y es la creación de un grupo internacional de investigadores y se usa desde 2001. Y es la que se utilizará en este informe.

² G. Brooke Anderson,¹ Michelle L. Bell,² and Roger D. Peng . Methods to Calculate the Heat Index as an Exposure Metric in Environmental Health Research. Department of Biostatistics, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, Baltimore, Maryland, USA; ²School of Forestry and Environmental Studies, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.



Sensación Térmica, por humedad relativa y temperatura ambiente³

El índice de Calor (Heat Index), por otro lado, fue introducido en la década de 1970 para proporcionar una medida más precisa de cómo la humedad afecta la sensación térmica o percepción de calor, en climas cálidos.

La fórmula básica para calcular el Índice de Calor (HI) es:

$$HI = c1 + c2 * T + c3 * R + c4 * T * R + c5 * T^2 + c6 * R^2 + c7 * T^2 * R + c8 * T * R^2 + c9 * T^2 * R^2$$

Donde:

$$c1 = 0.363445176$$

$$c2 = 0.98622465$$

$$c3 = 4.777114035$$

$$c4 = -0.114037667$$

$$c5 = -8.50208 \times 10^{-4}$$

$$c6 = -2.0716198 \times 10^{-2}$$

$$c7 = 6.87678 \times 10^{-4}$$

$$c8 = 2.74954 \times 10^{-4}$$

$$c9 = 0.$$

³ G. Brooke Anderson,¹ Michelle L. Bell,² and Roger D. Peng . Methods to Calculate the Heat Index as an Exposure Metric in Environmental Health Research. Department of Biostatistics, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health, Baltimore, Maryland, USA; ²School of Forestry and Environmental Studies, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.



Alcance de este informe:

En este informe, para el comportamiento térmico de cada una de las casas, solamente se muestran las gráficas del comportamiento de las variables de temperatura, humedad relativa, radiación solar, magnitud del viento y de la precipitación pluvial, dentro y fuera de la Casa Ecológica Urbana.

Gráficas del comportamiento térmico de la Casa Ecológica Urbana, en 2024.

Se sabe que la temperatura y la humedad interior perfectas en una casa pueden variar según las preferencias individuales y las condiciones climáticas regionales; y se considera, de forma muy generalizada, que una temperatura de confort térmico se encuentra en el rango de 20.0 °C a 26.0 °C y la humedad relativa óptima debe estar entre un 40.0 % y un 60.0 %, para la mayoría de las actividades diarias.

Se muestran en la Gráfica 18 a la Gráfica 42, las mediciones realizadas dentro de la Casa Ecológica Urbana, estación ETHRP2 y las realizadas en el exterior, por la estación meteorológica automática, marca *Campbell Scietific*, denominada EMA-CSI_IMTA, con las que se puede apreciar el comportamiento térmico en la Casa Ecológica Urbana. Se generaron gráficas de humedad relativa y radiación solar, apoyadas con las gráficas de viento y precipitación pluvial, para cada uno de los meses de enero al 15 de agosto de 2024.

Para cada mes, se presentan cuatro gráficas. La primera gráfica muestra todas las mediciones realizadas dentro y fuera de la casa, es decir:

- a) Temperatura ambiente dentro de la Casa Urbana, T2, de la estación ETHRP2.
- b) Humedad relativa dentro de la Casa Urbana, HR2, de la estación ETHRP2.
- c) Temperatura del techo de la Casa Urbana, T6, de la estación ETHRP2.
- d) Precipitación pluvial en el barandal de la Casa Urbana, PP2, de la estación ETHRP2.
- e) Temperatura ambiente exterior, T3, de la estación EMA-CSI_IMTA.



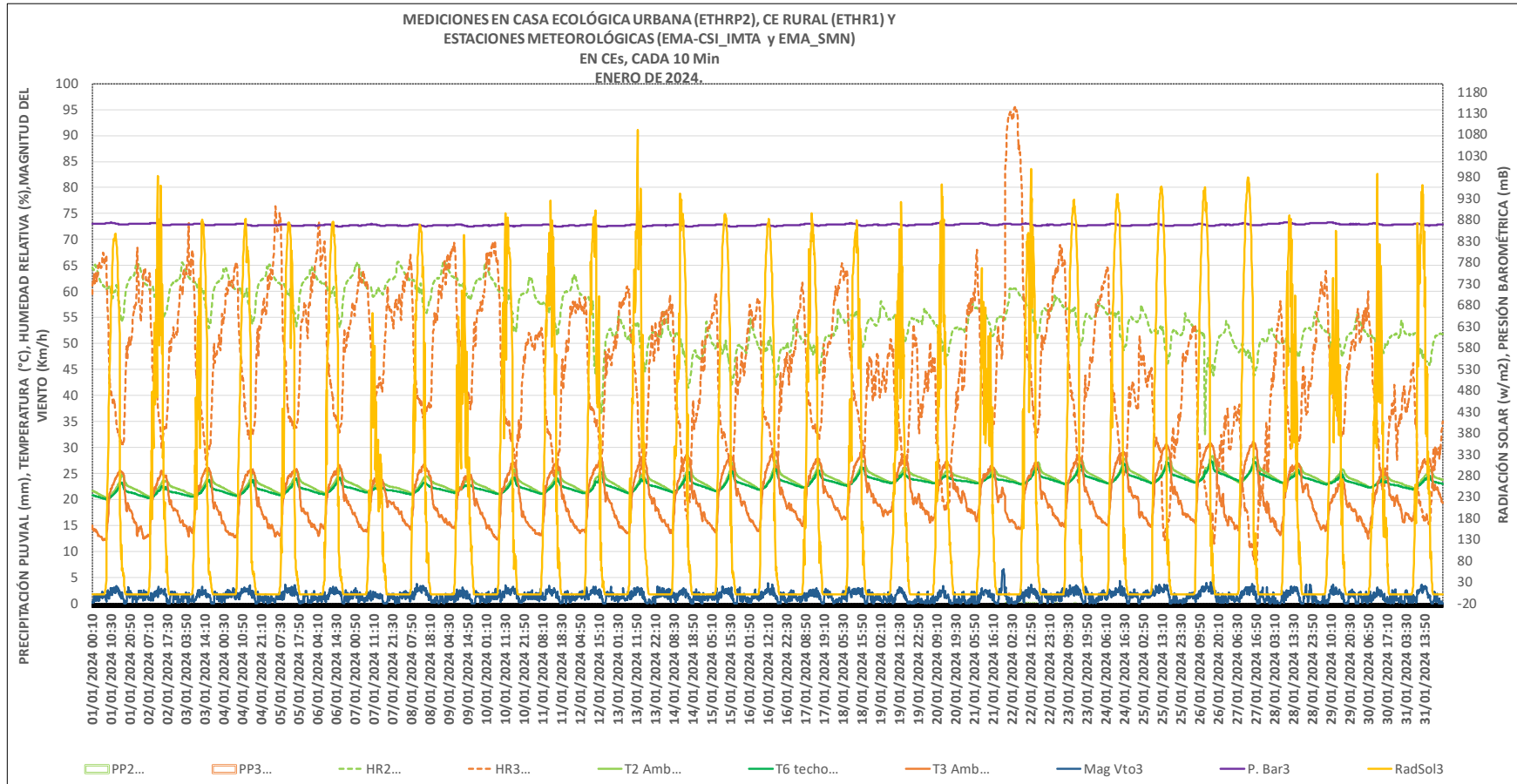
- f) Humedad relativa exterior, HR3, de la estación EMA-CSI_IMTA.
- g) Precipitación, PP3, de la estación EMA-CSI_IMTA.
- h) Presión barométrica, de la estación EMA-CSI_IMTA.
- i) Magnitud del viento, de la estación EMA-CSI_IMTA.
- j) Radiación solar, de la estación EMA-CSI_IMTA.

La segunda gráfica muestra las diferencias de las humedades relativas, dentro de la Casa Urbana (HR2) con las del exterior (HR3), incluyendo la variable de radiación solar.

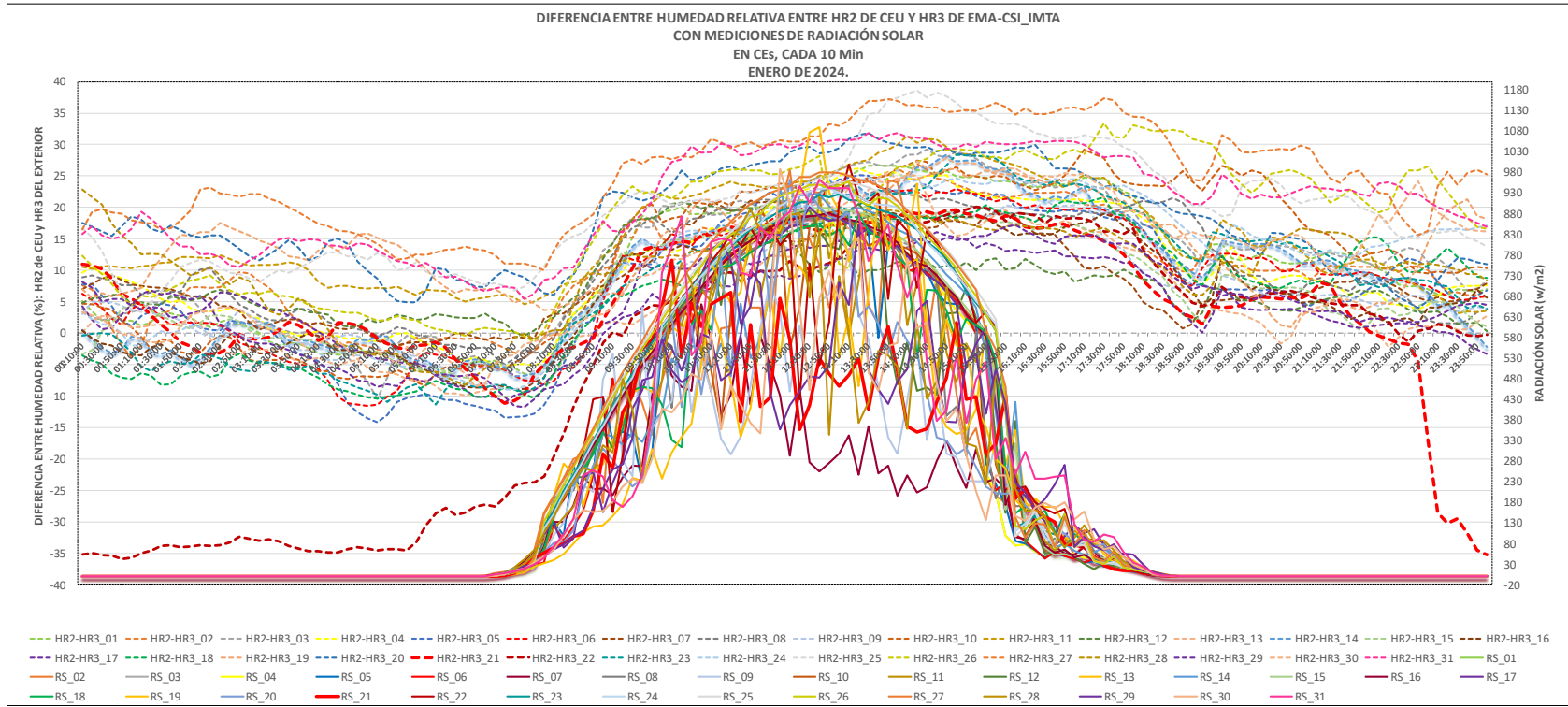
La tercera gráfica muestra las diferencias de las temperaturas ambiente, dentro de la Casa Urbana (T2) con las temperaturas ambientes del exterior (T3), más la radiación solar.

La cuarta Gráfica 21 muestra las variables auxiliares de viento y precipitación pluvial.

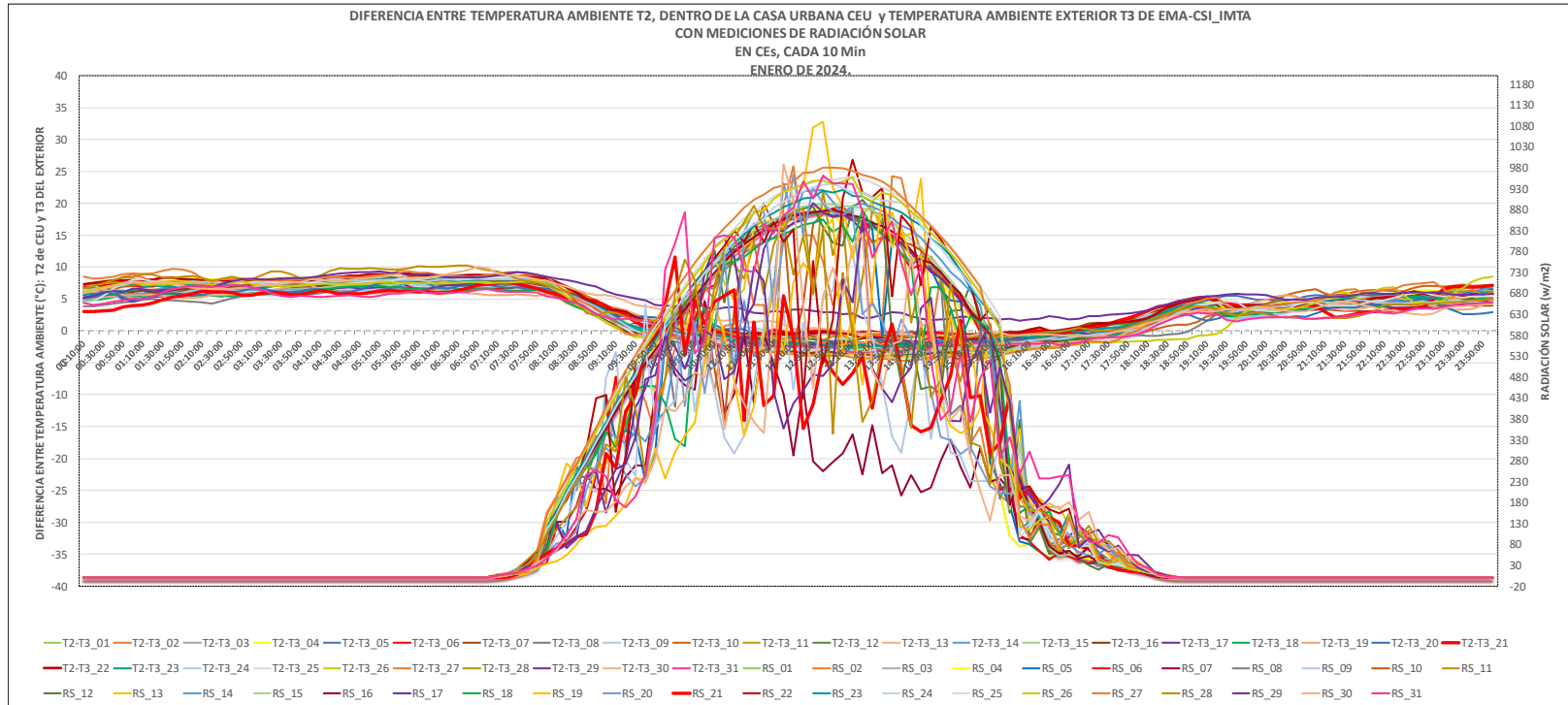




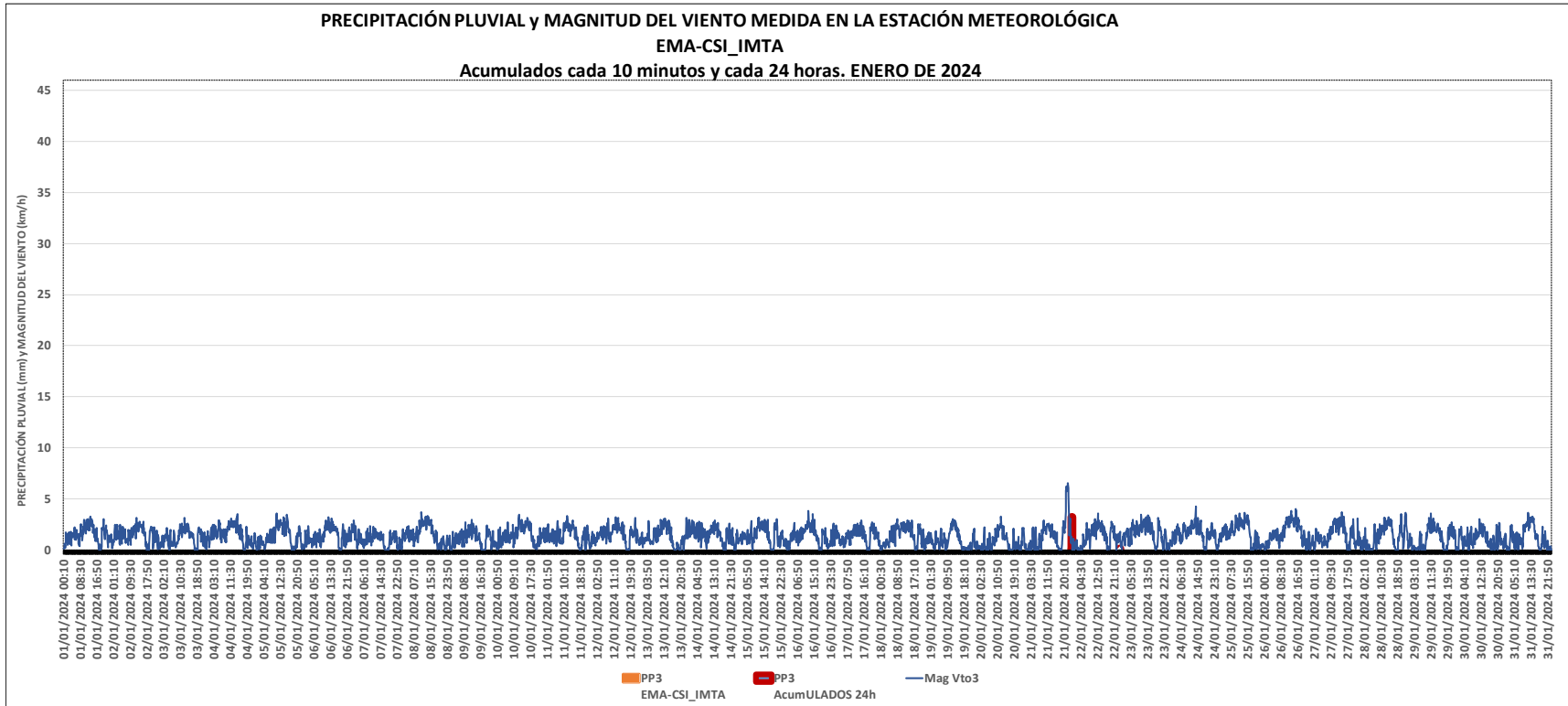
Gráfica 18: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en enero de 2024



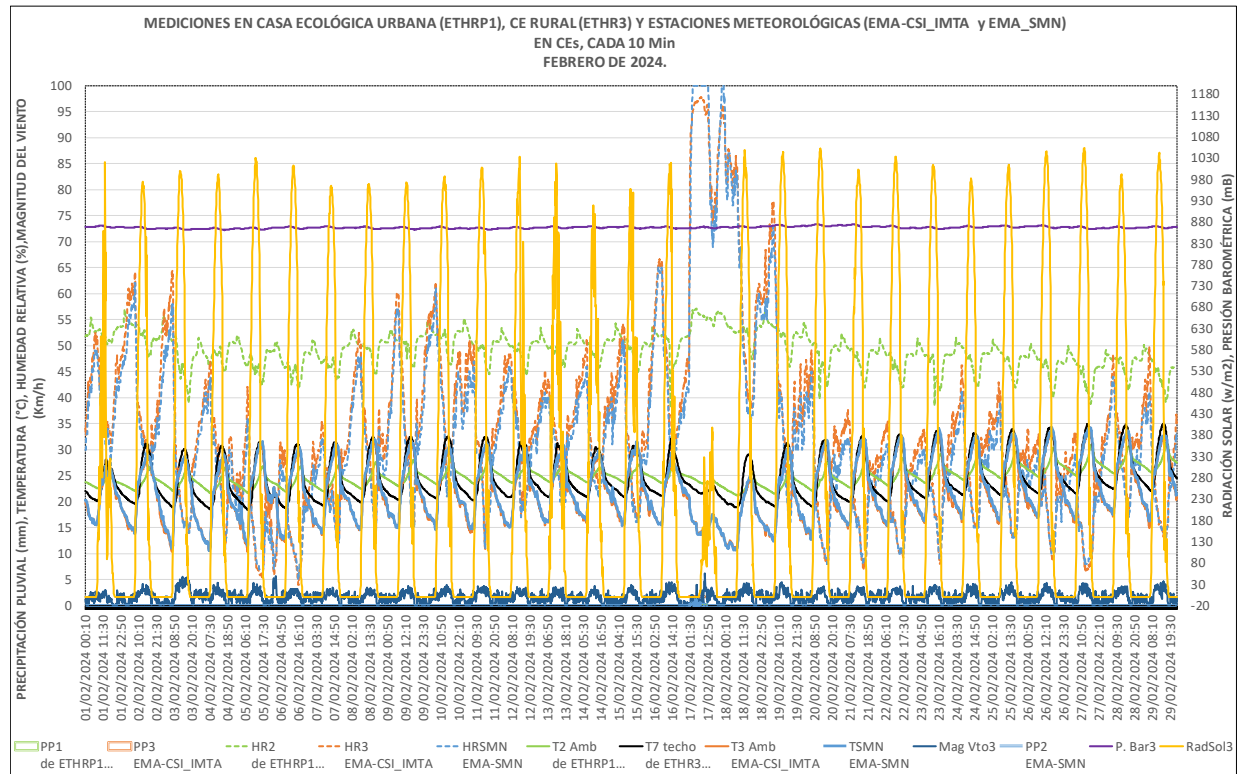
Gráfica 19: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en enero de 2024.



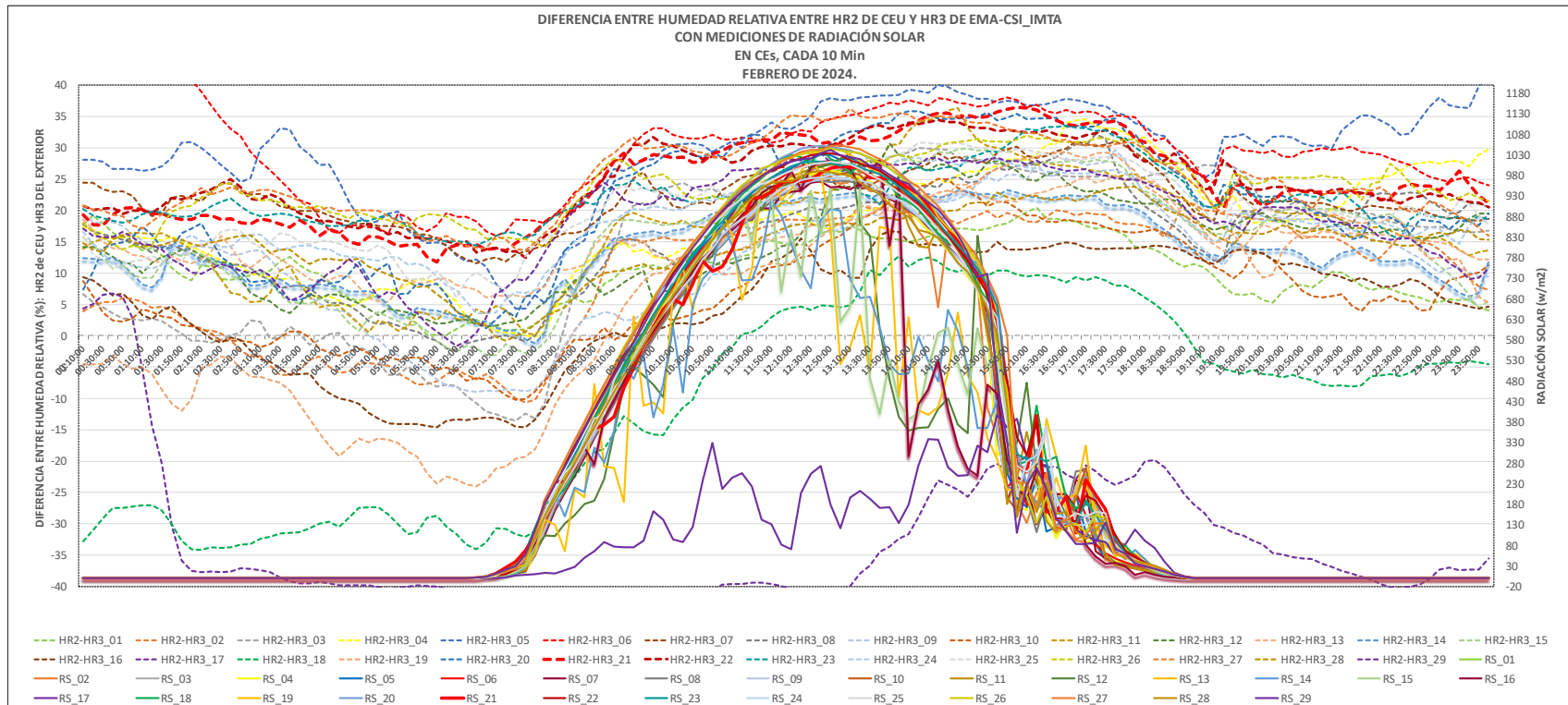
Gráfica 20: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en enero de 2024



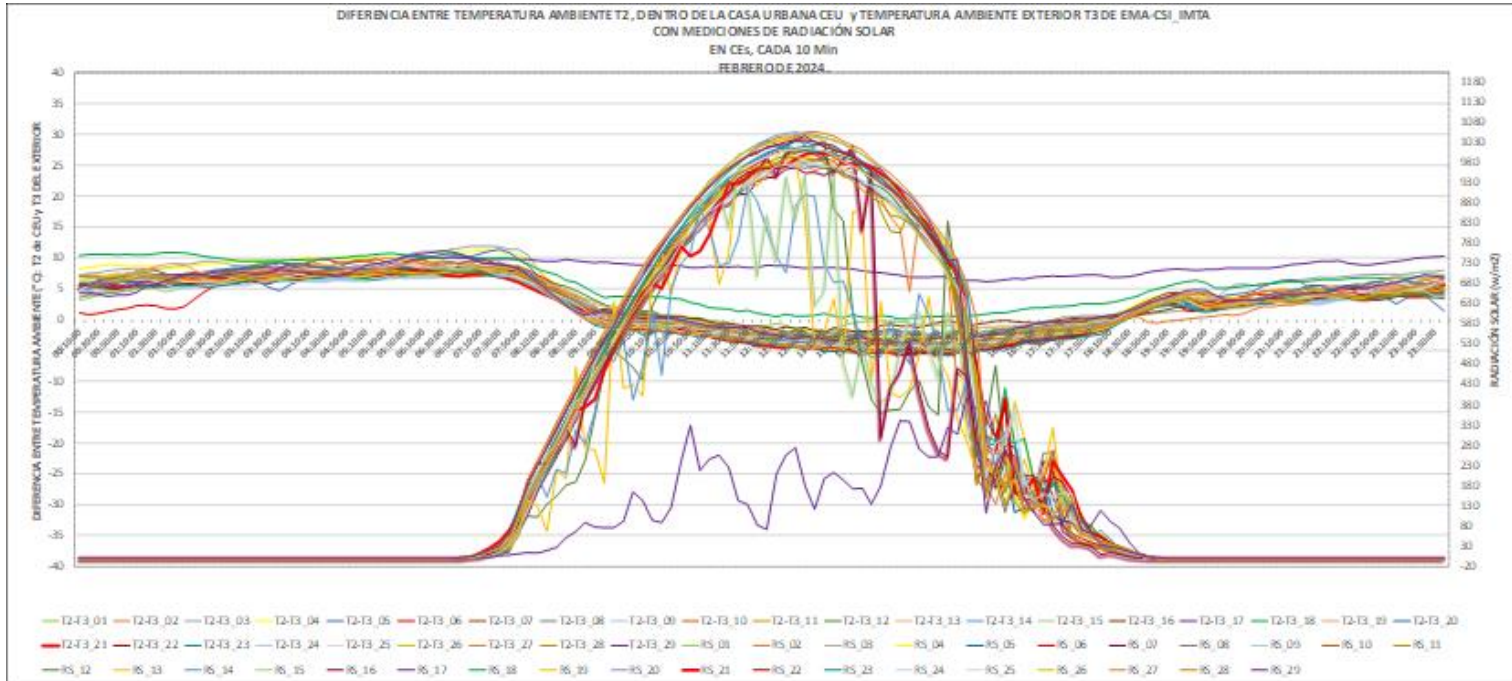
Gráfica 21: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en enero de 2024.



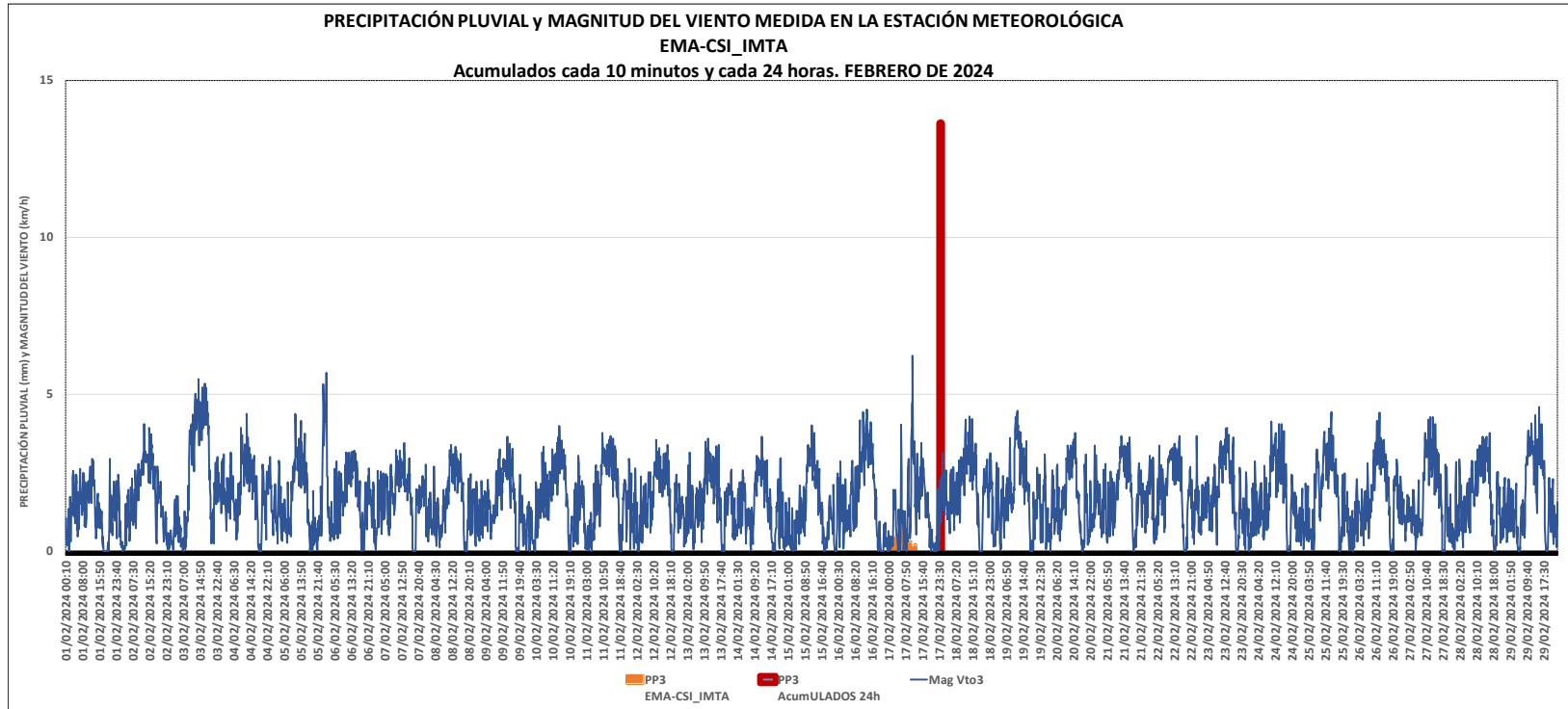
Gráfica 22: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en febrero de 2024.



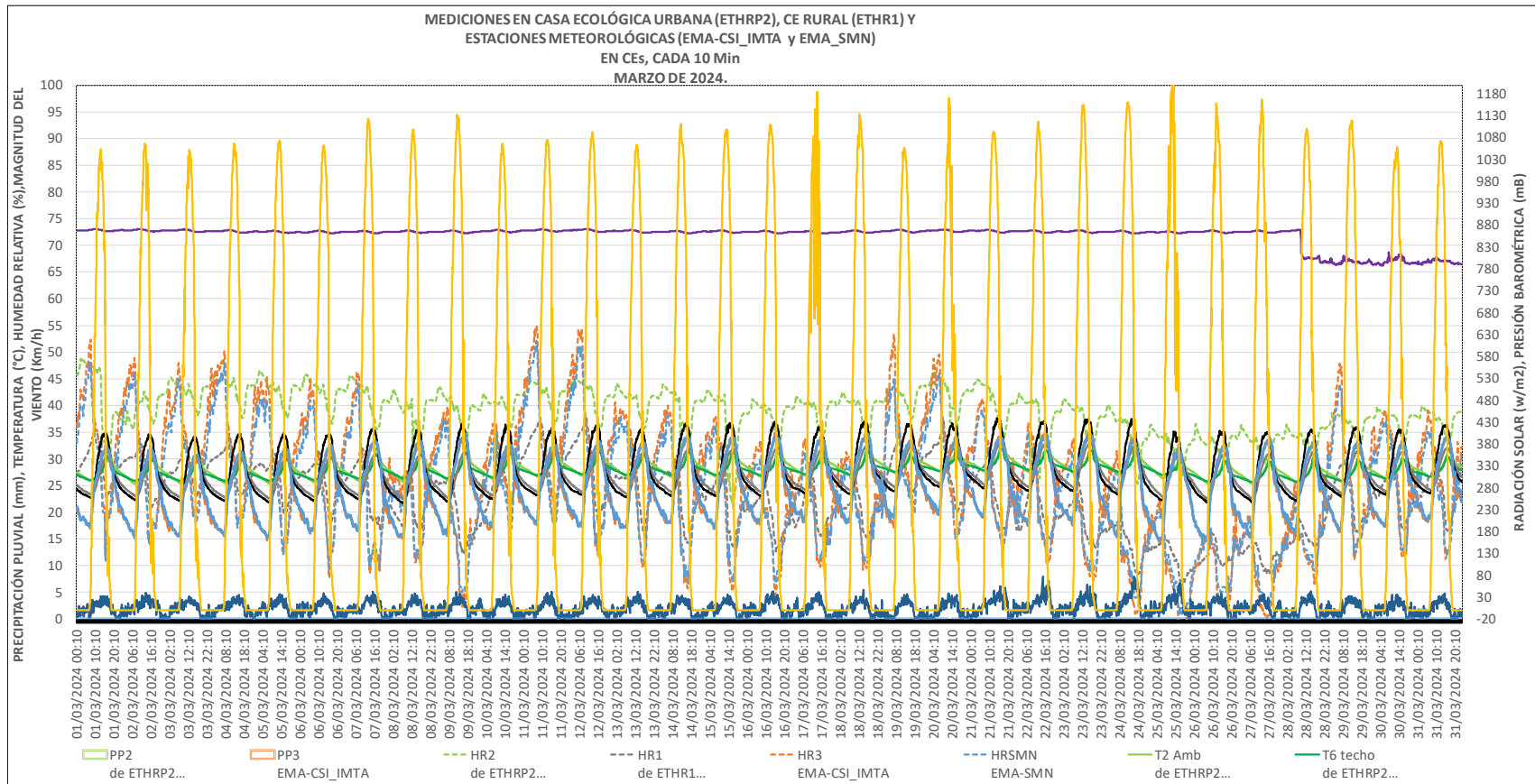
Gráfica 23: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en febrero de 2024.



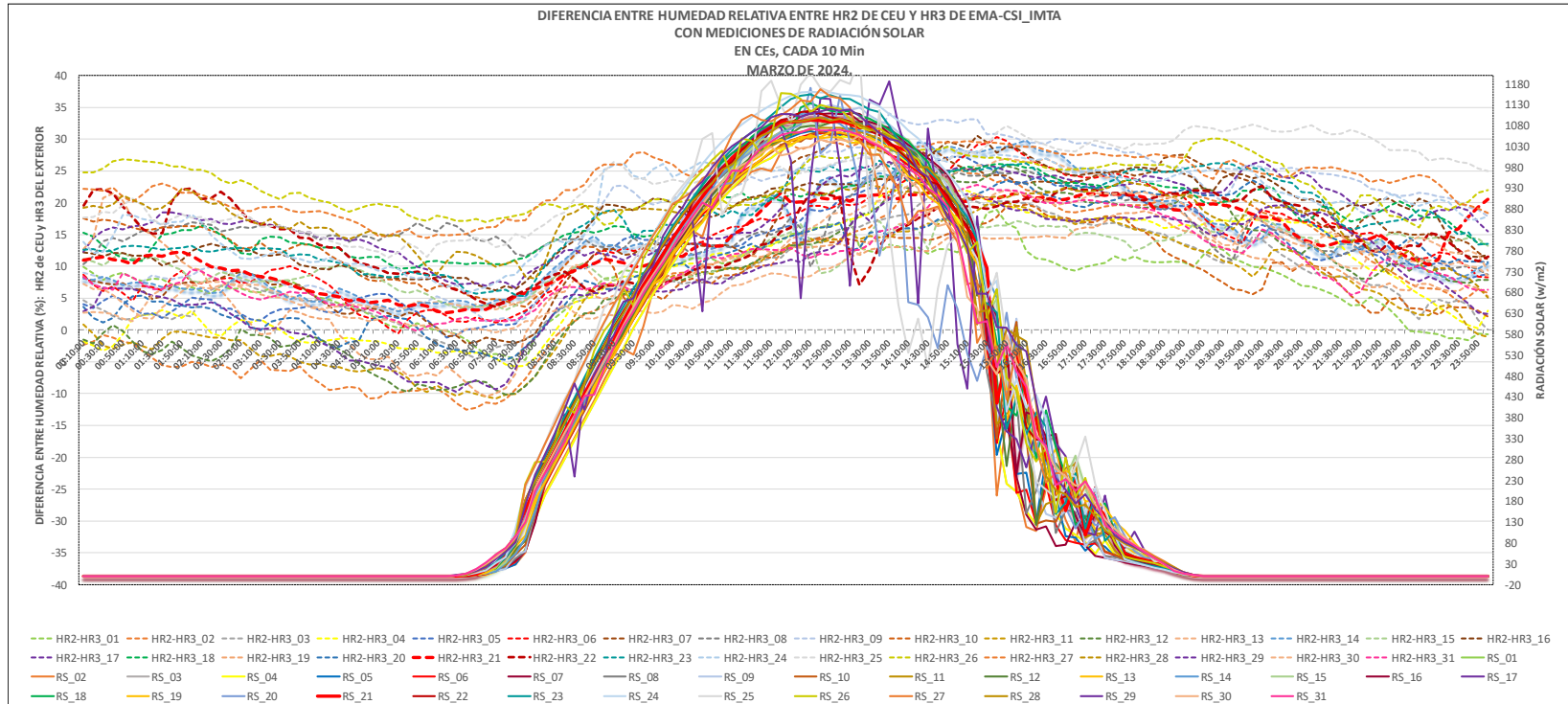
Gráfica 24: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en febrero de 2024.



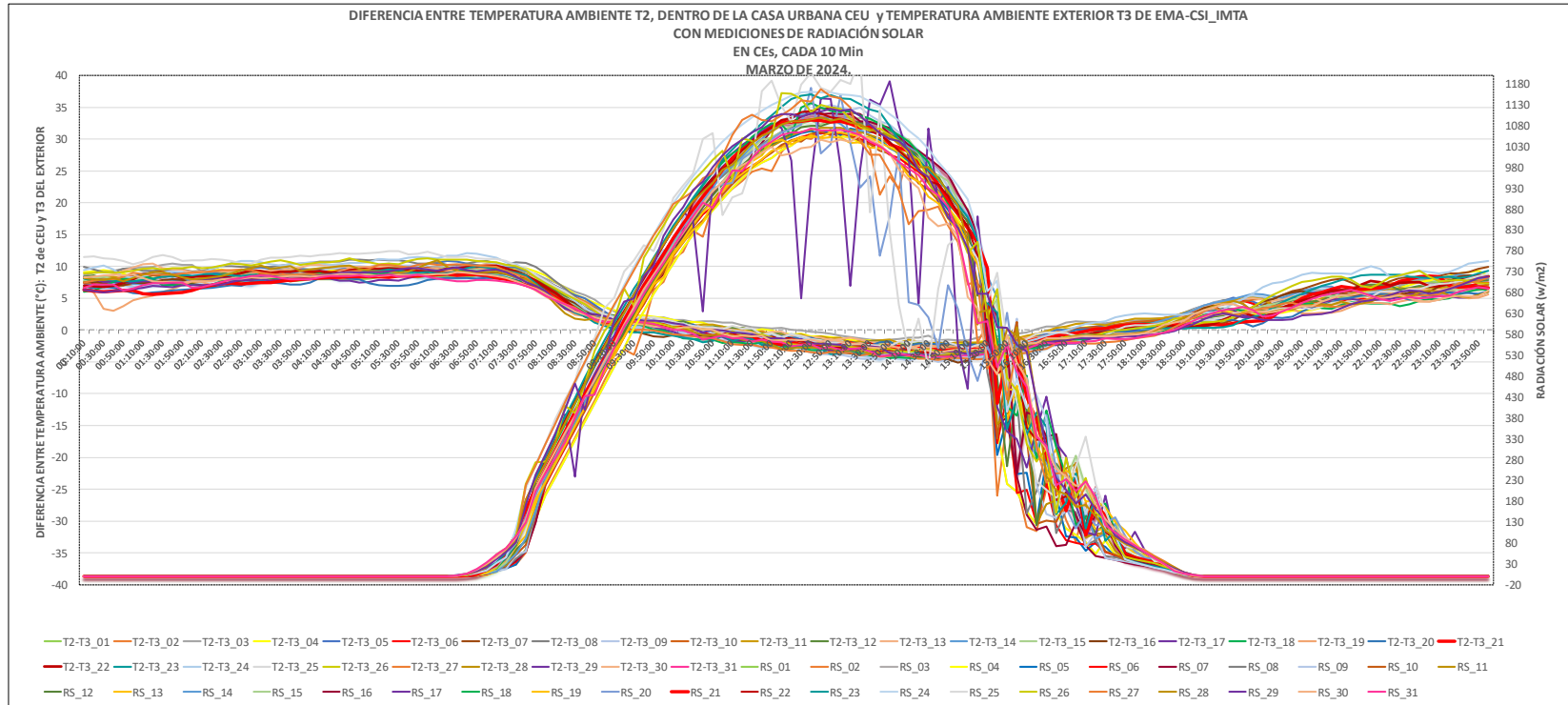
Gráfica 25: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en febrero de 2024.



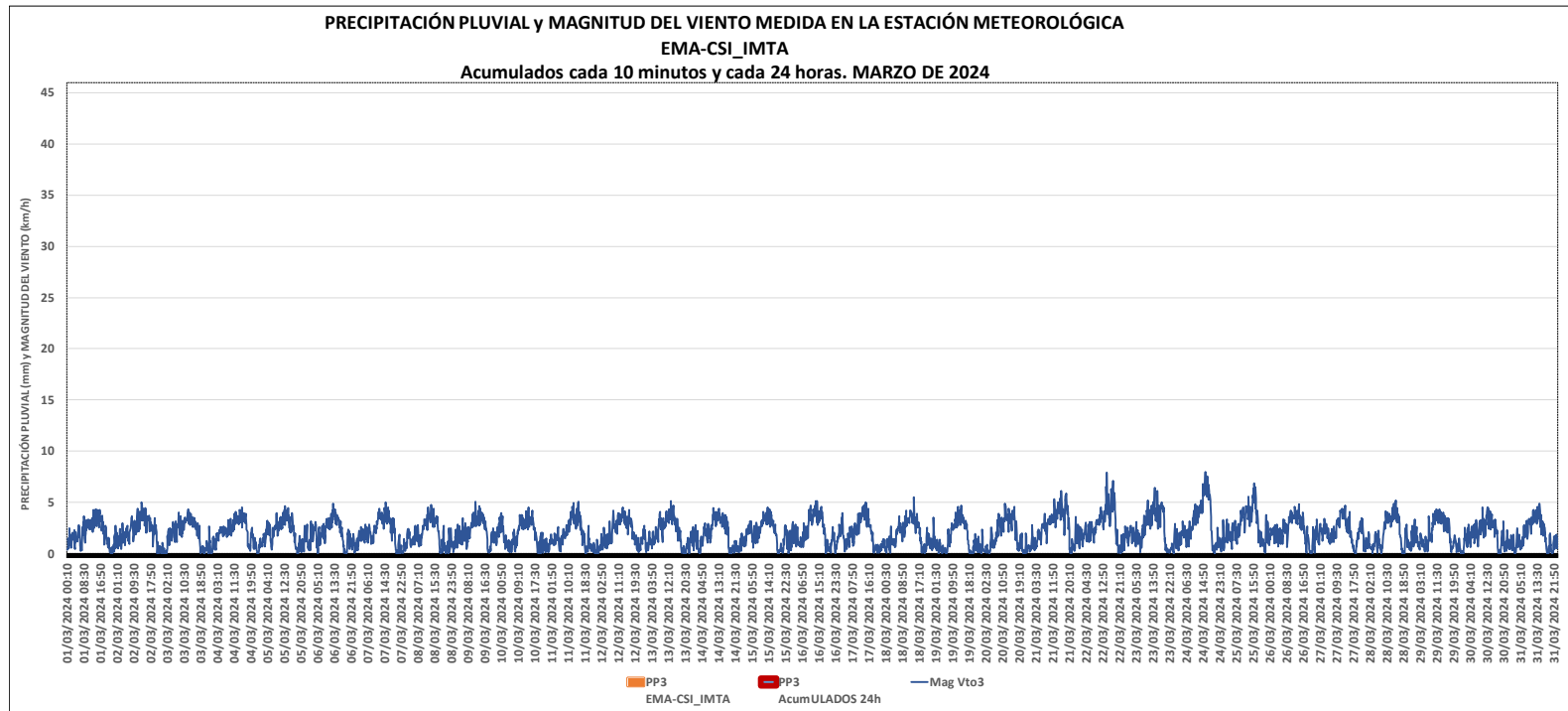
Gráfica 26: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en marzo de 2024



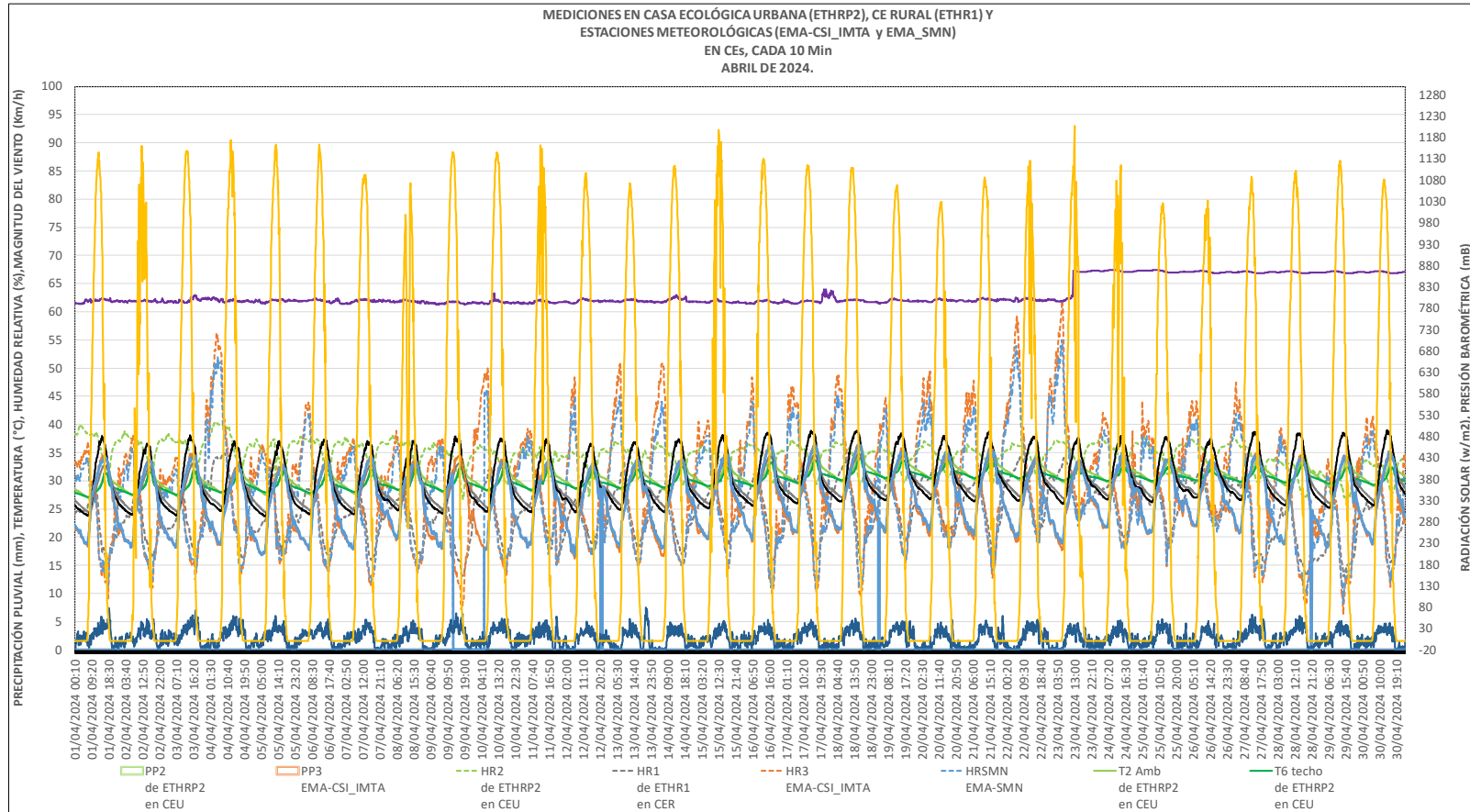
Gráfica 27: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en marzo de 2024.



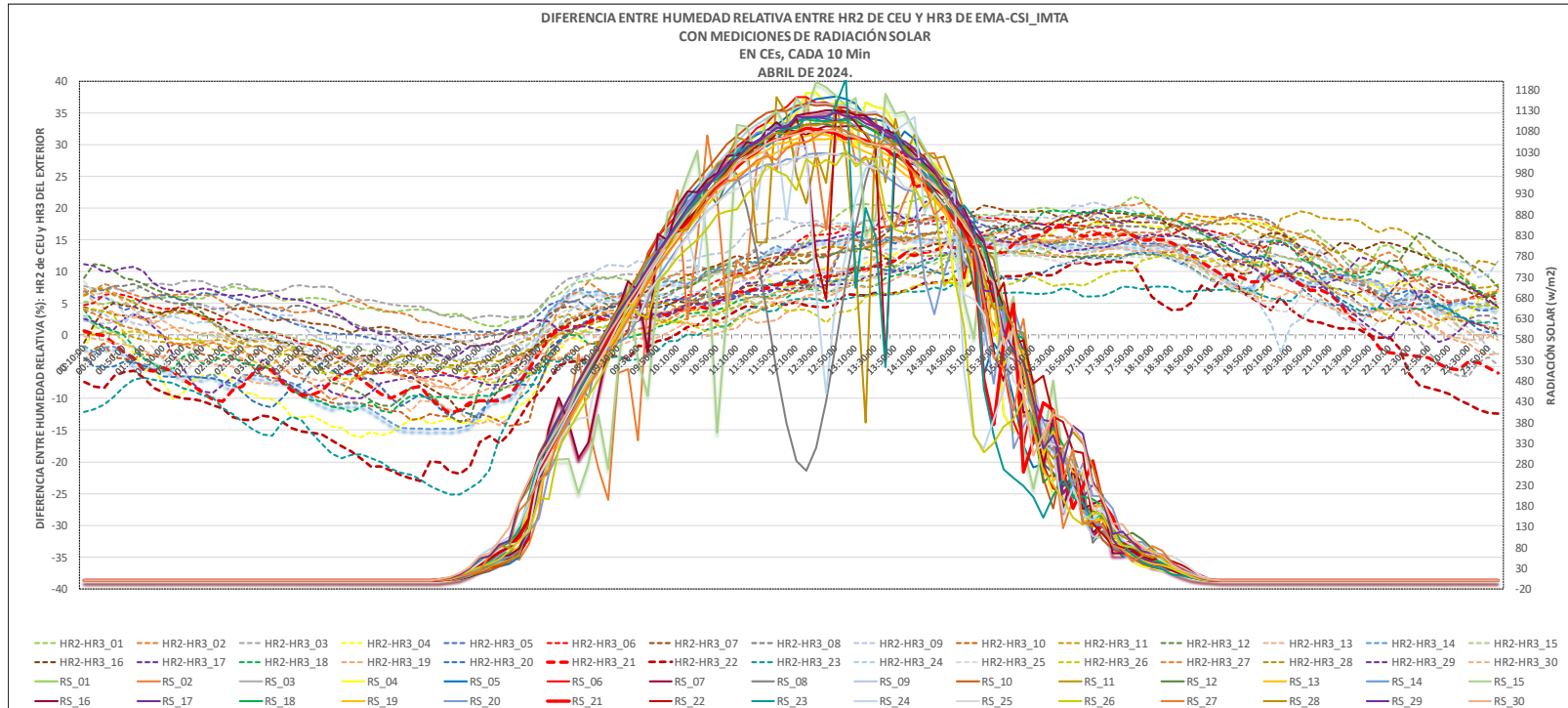
Gráfica 28: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en marzo de 2024



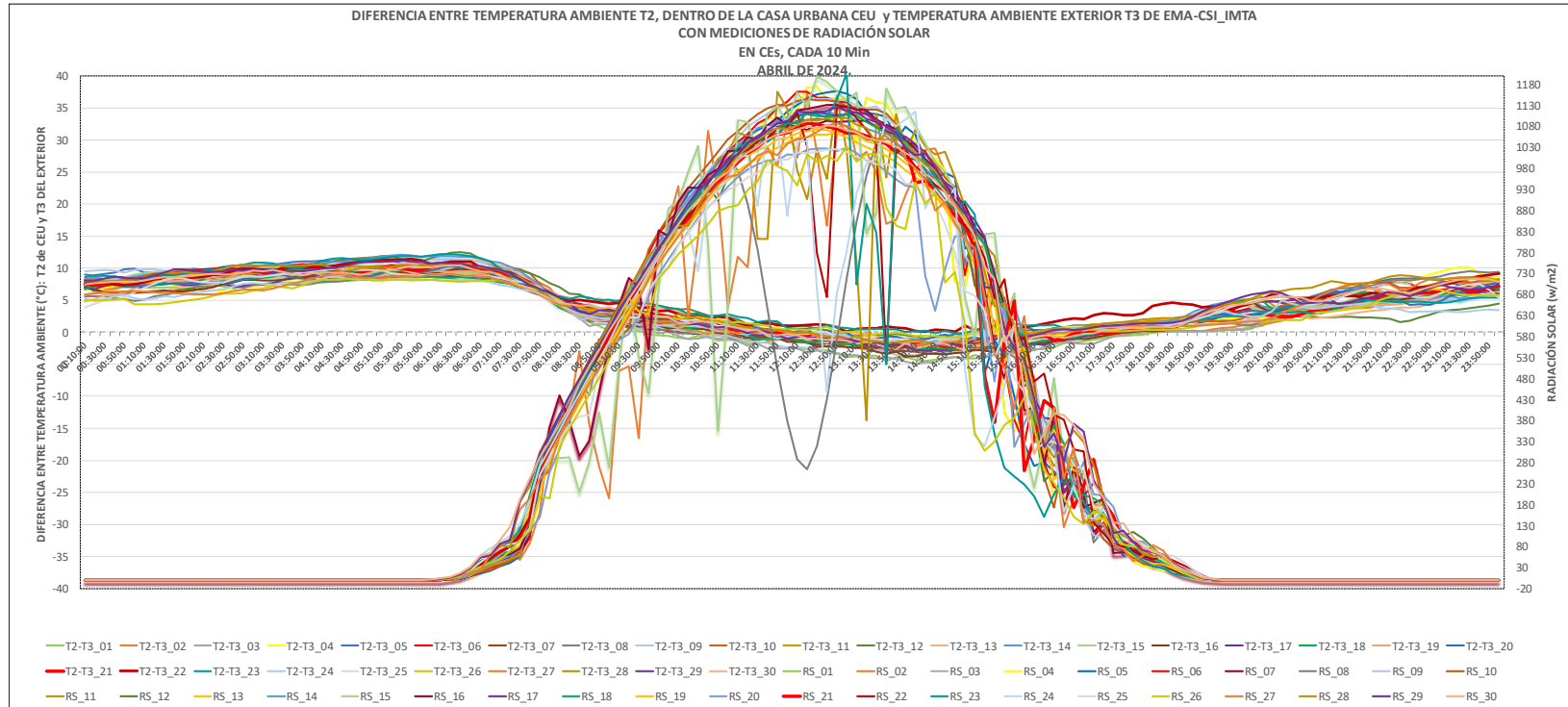
Gráfica 29: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en marzo de 2024.



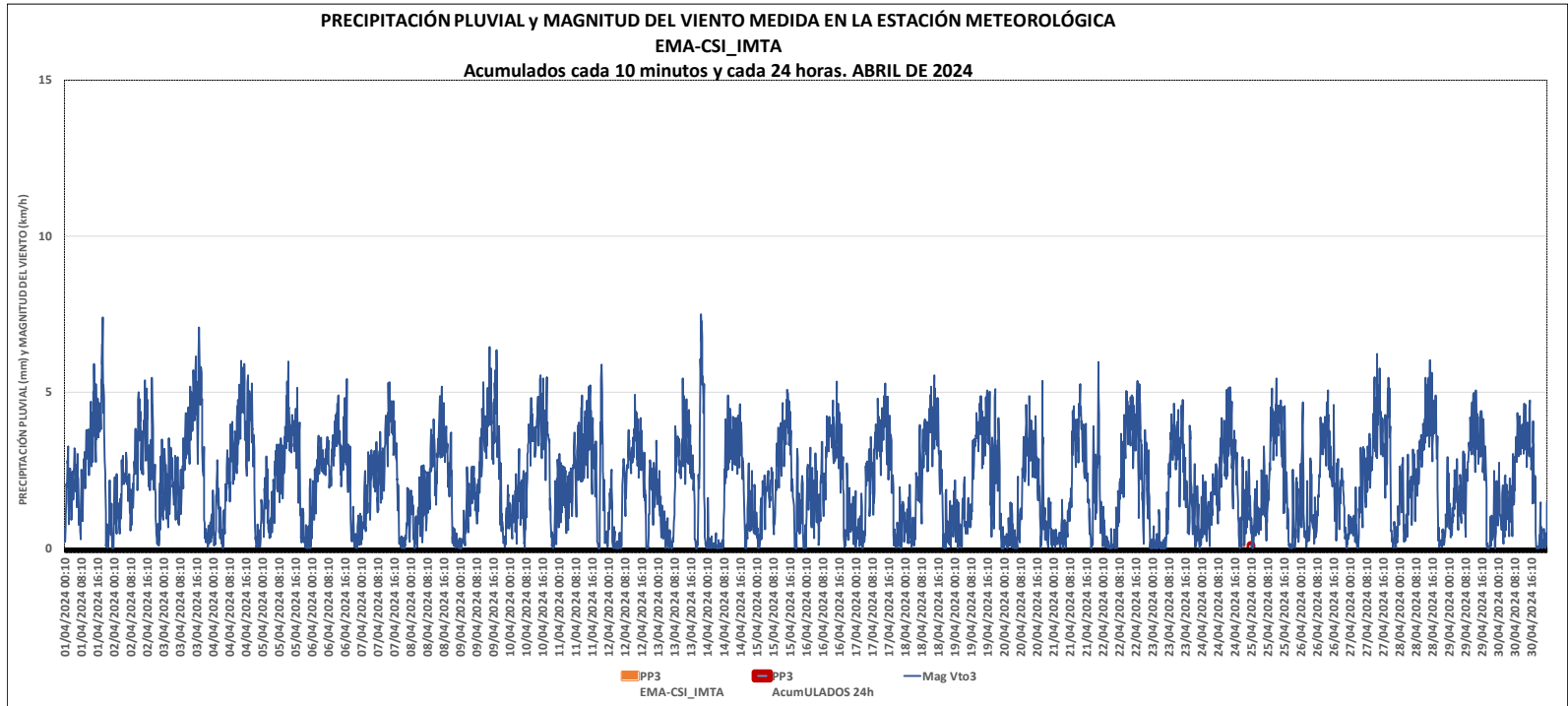
Gráfica 30: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en abril de 2024.



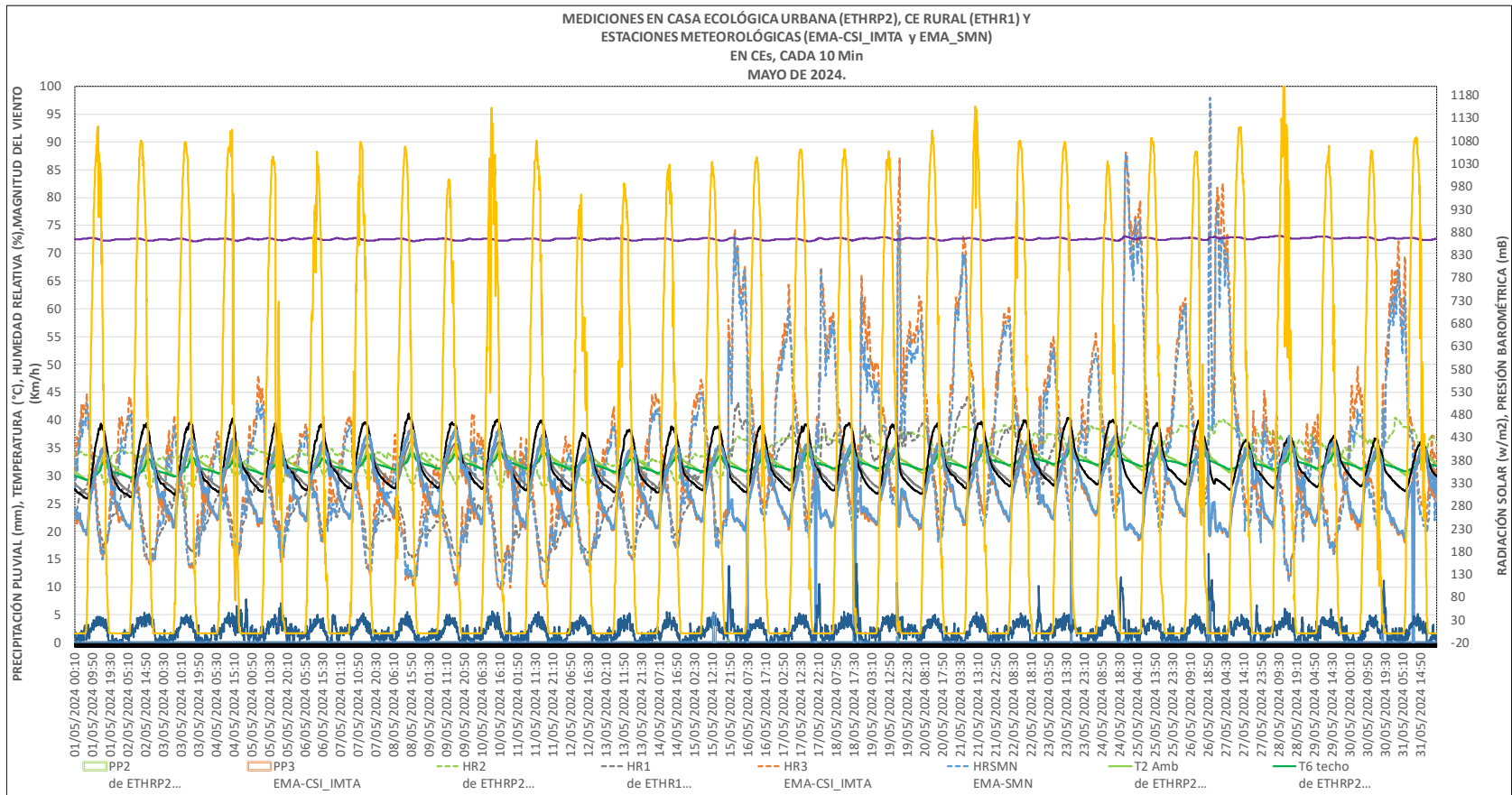
Gráfica 31: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en abril de 2024



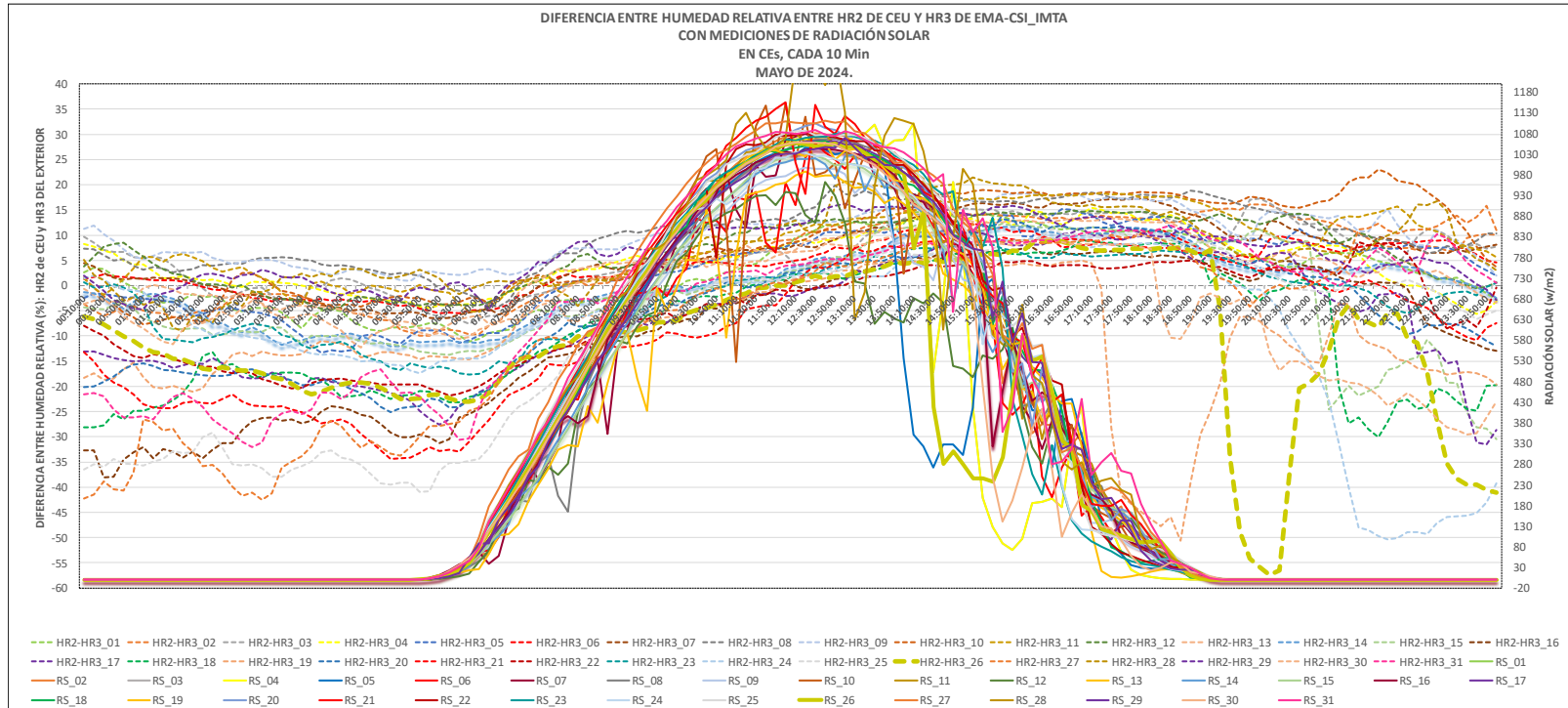
Gráfica 32: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en abril de 2024



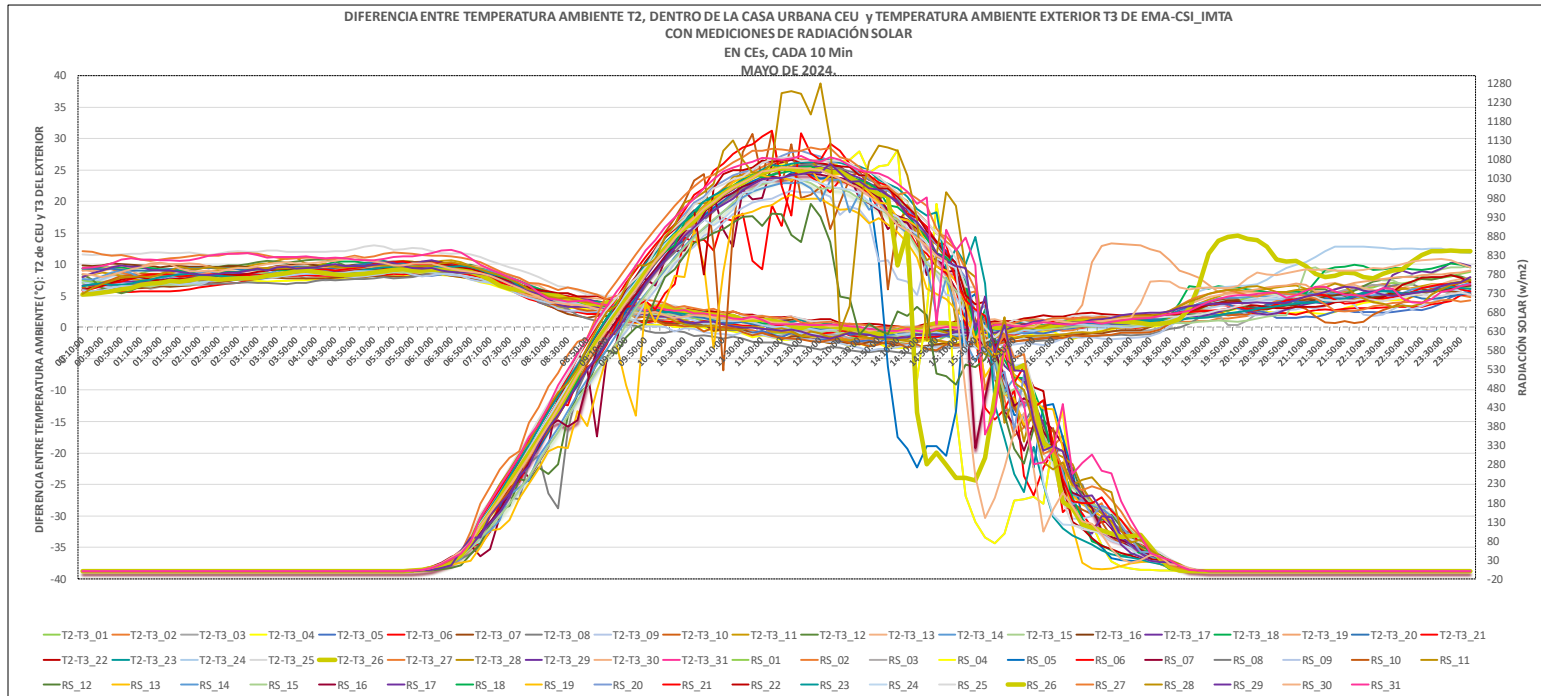
Gráfica 33: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en abril de 2024.



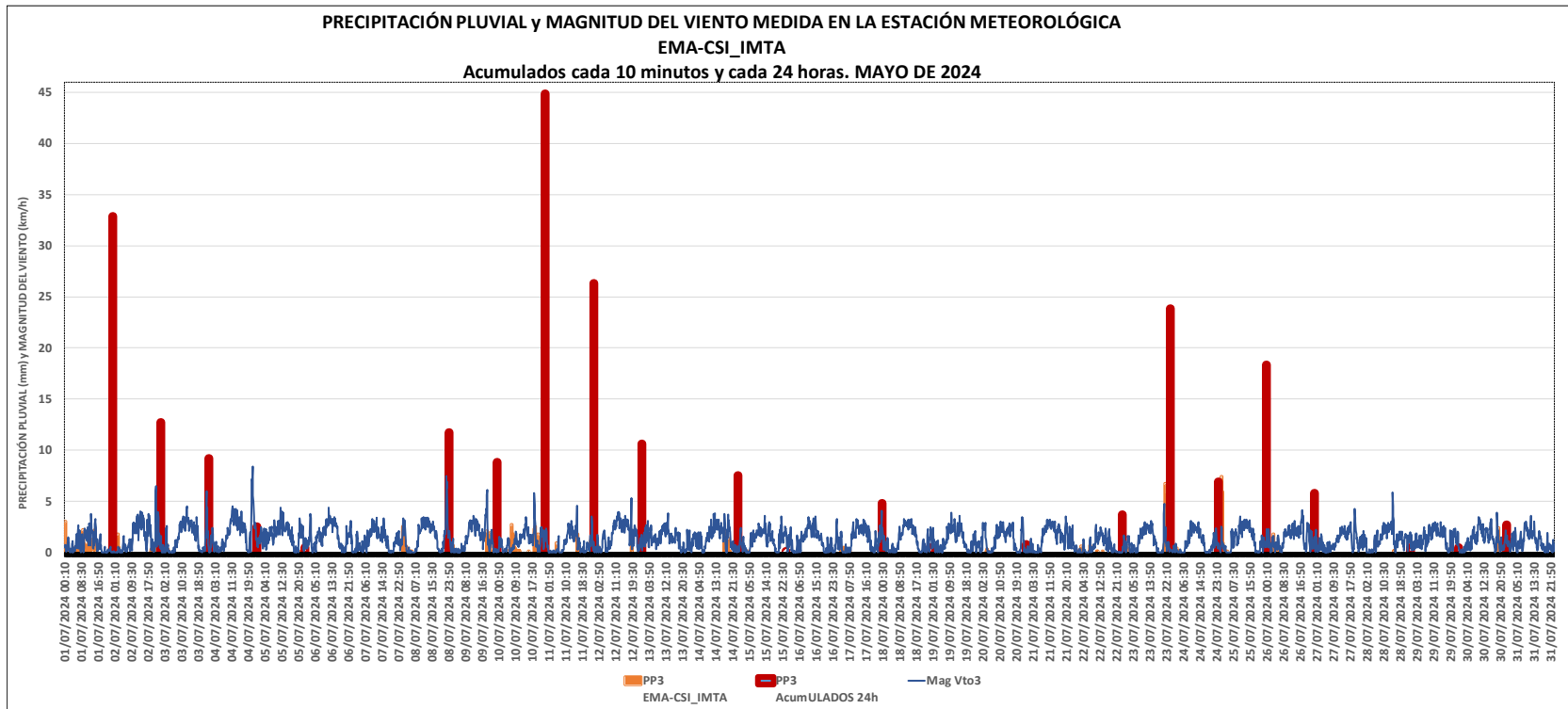
Gráfica 34: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en mayo de 2024



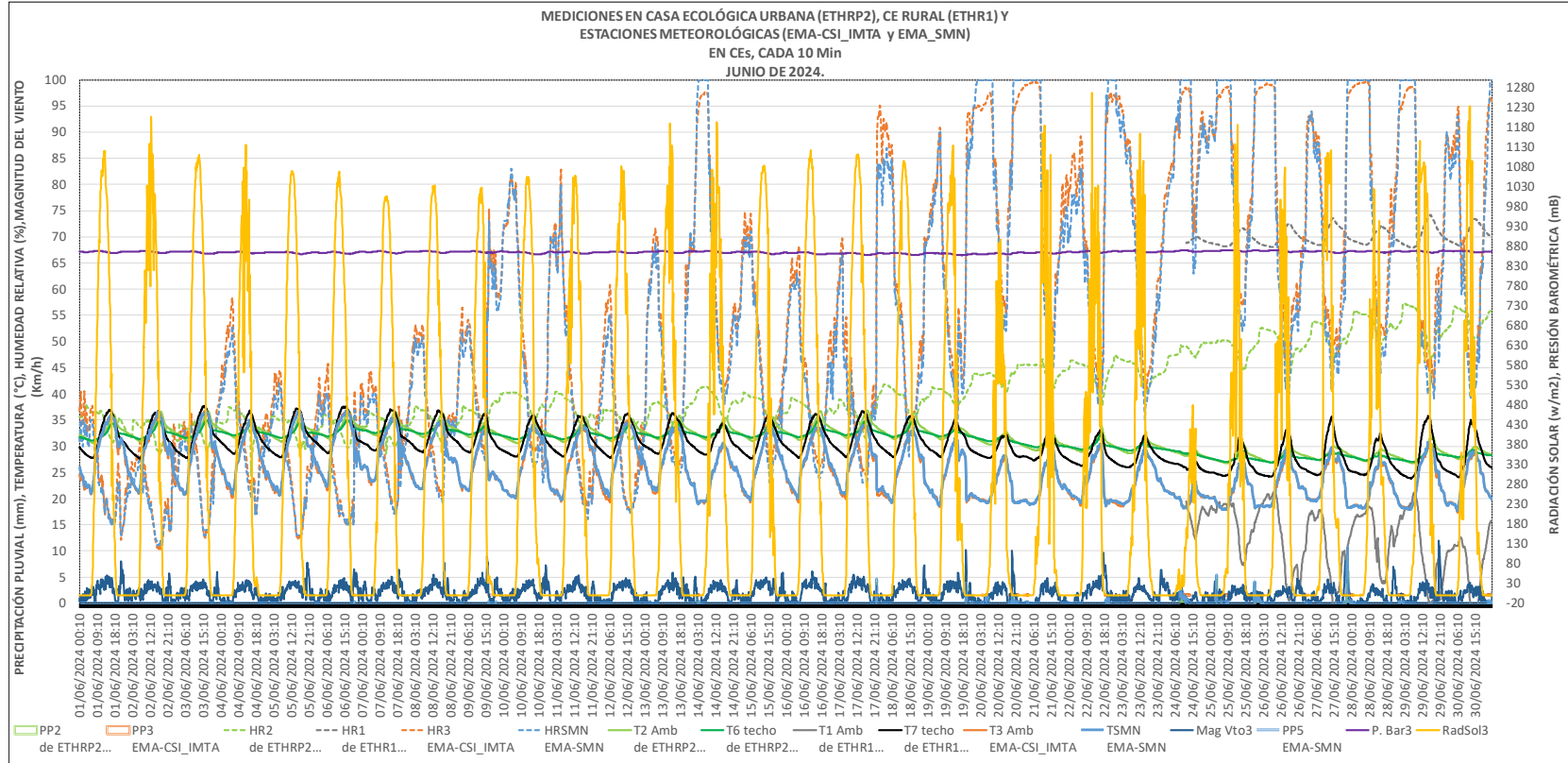
Gráfica 35: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en mayo de 2024



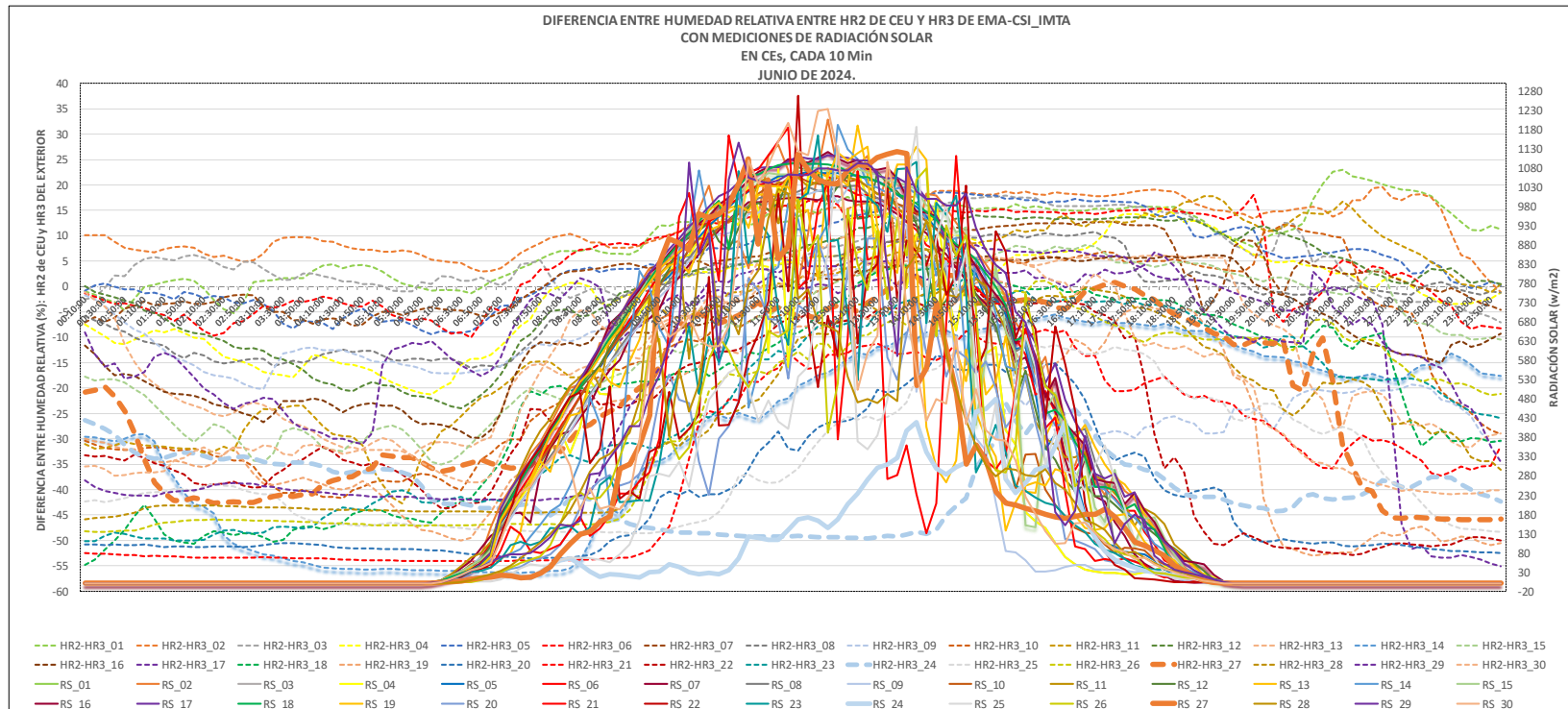
Gráfica 36: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en mayo de 2024



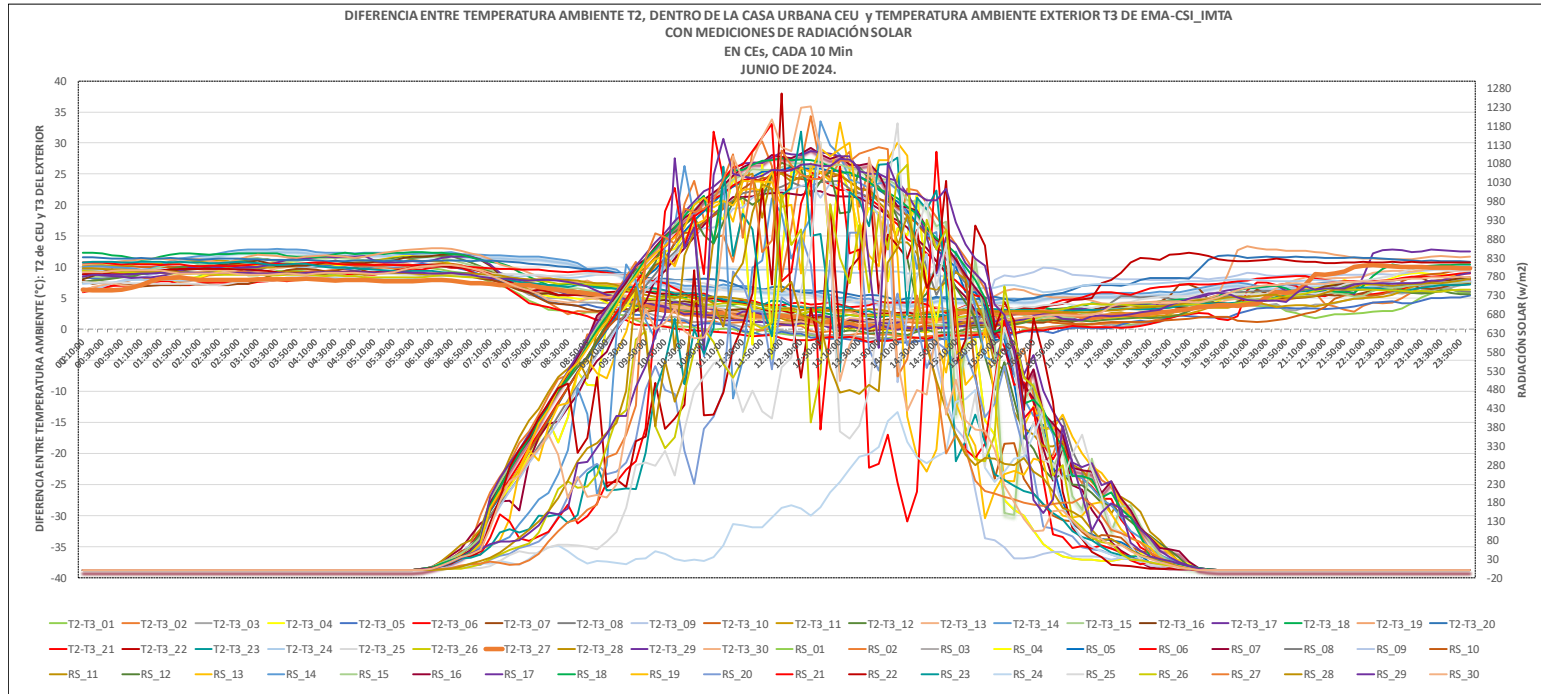
Gráfica 37: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en mayo de 2024



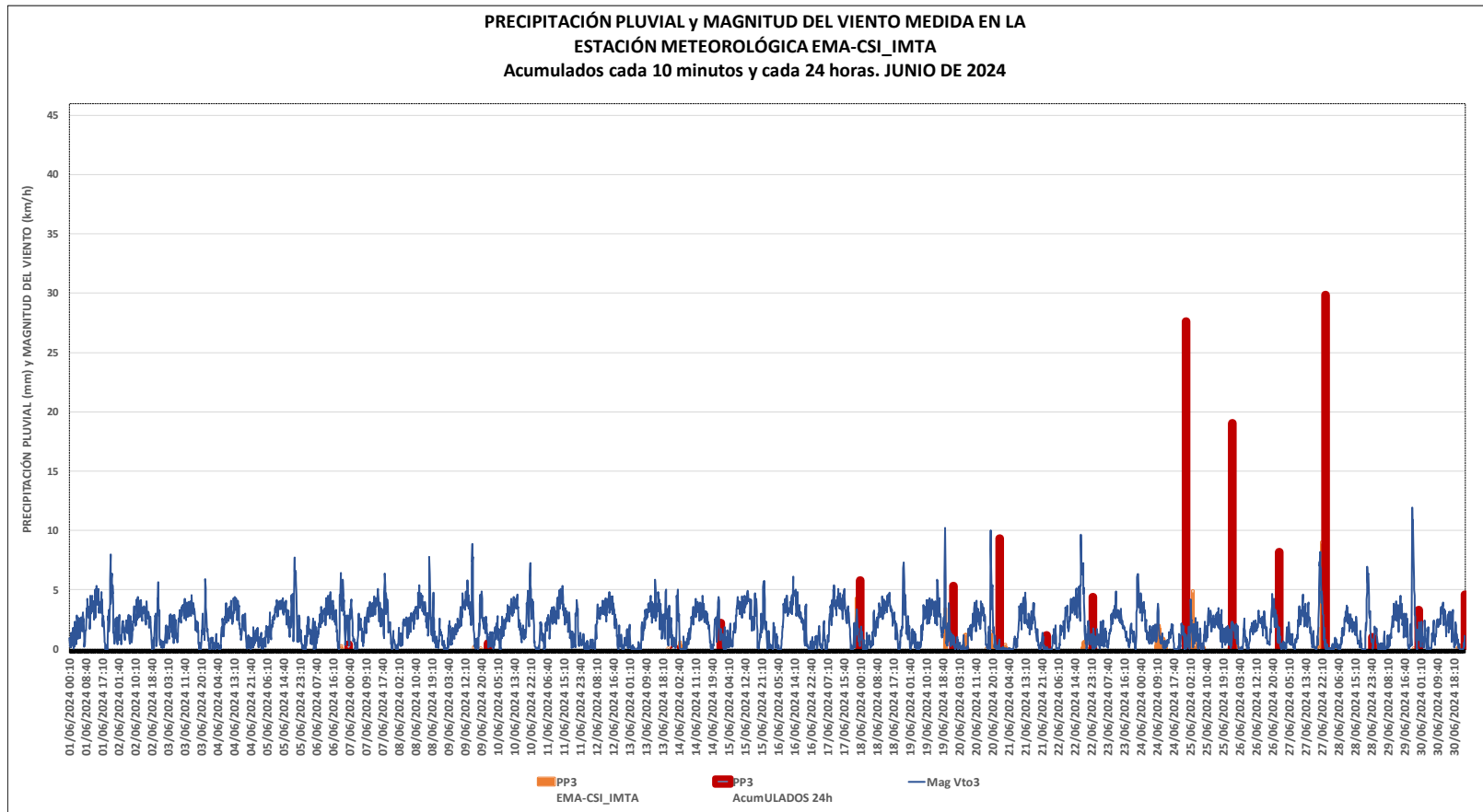
Gráfica 38: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en junio de 2024



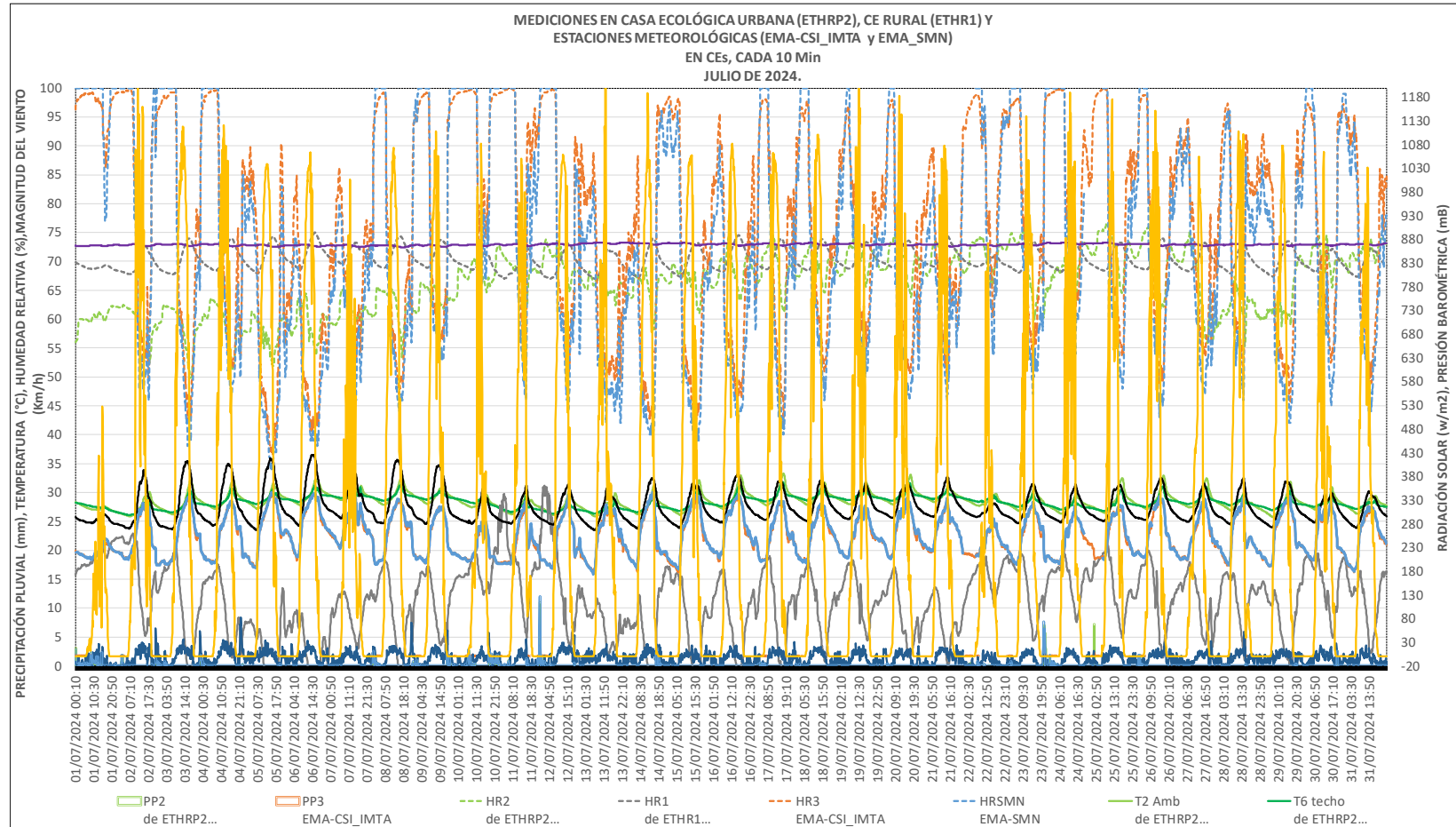
Gráfica 39: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en junio de 2024



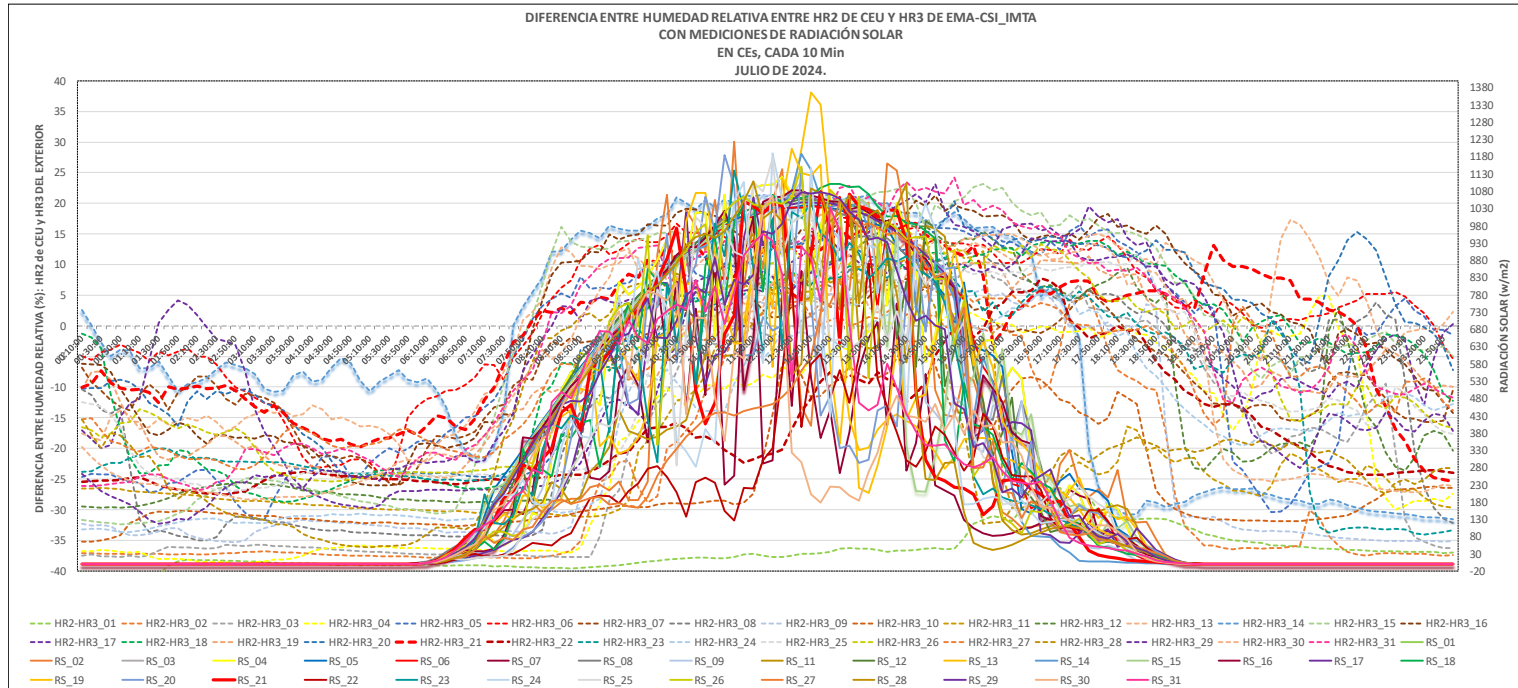
Gráfica 40: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en junio de 2024



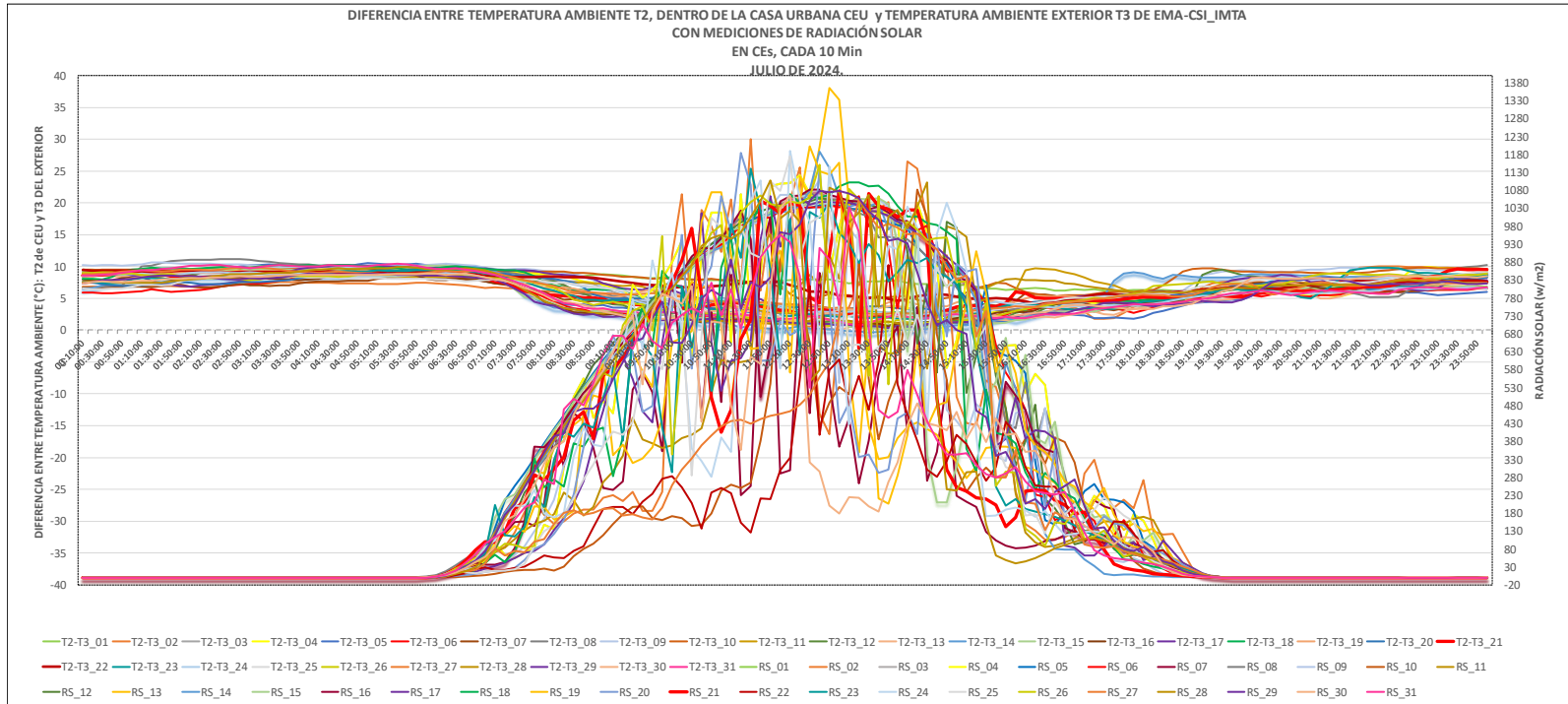
Gráfica 41: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en junio de 2024



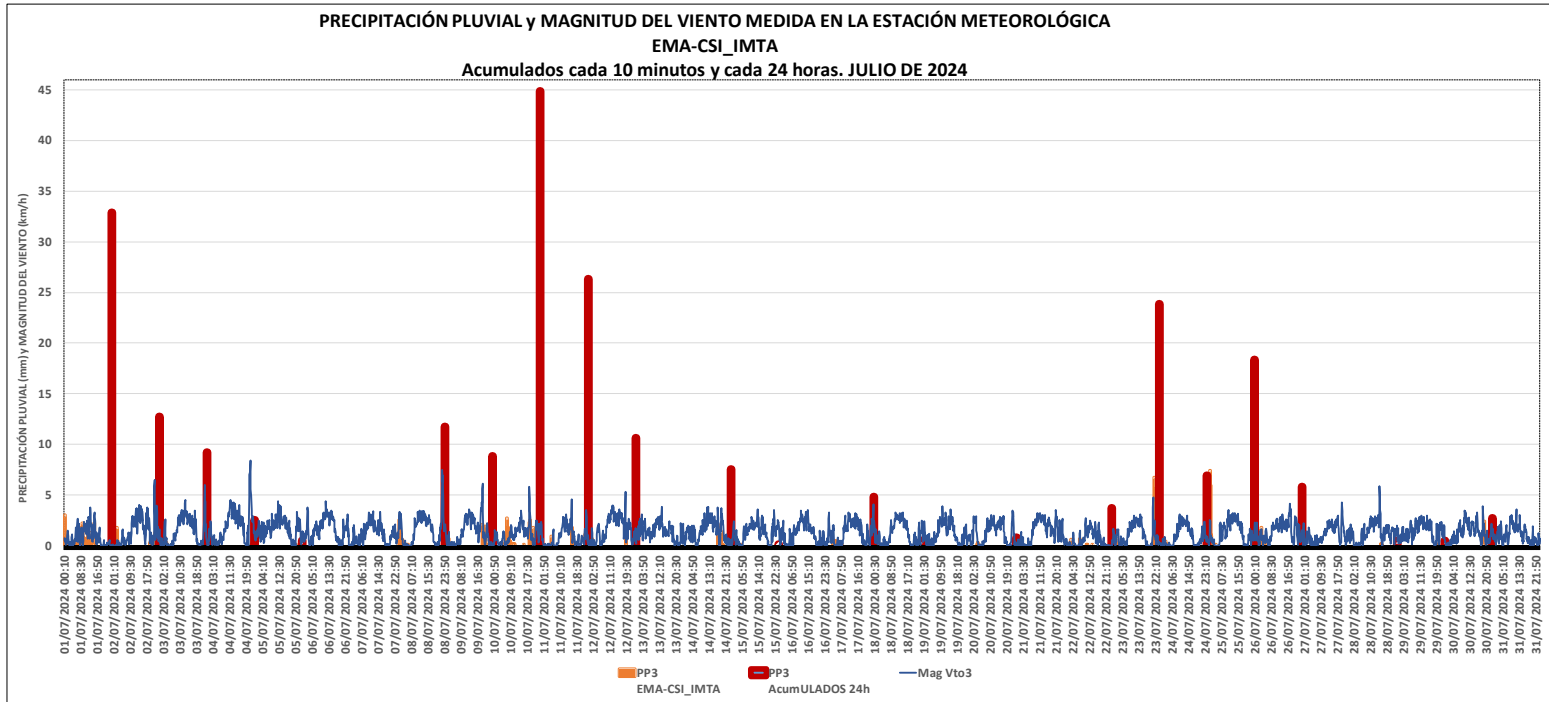
Gráfica 42: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en julio de 2024.



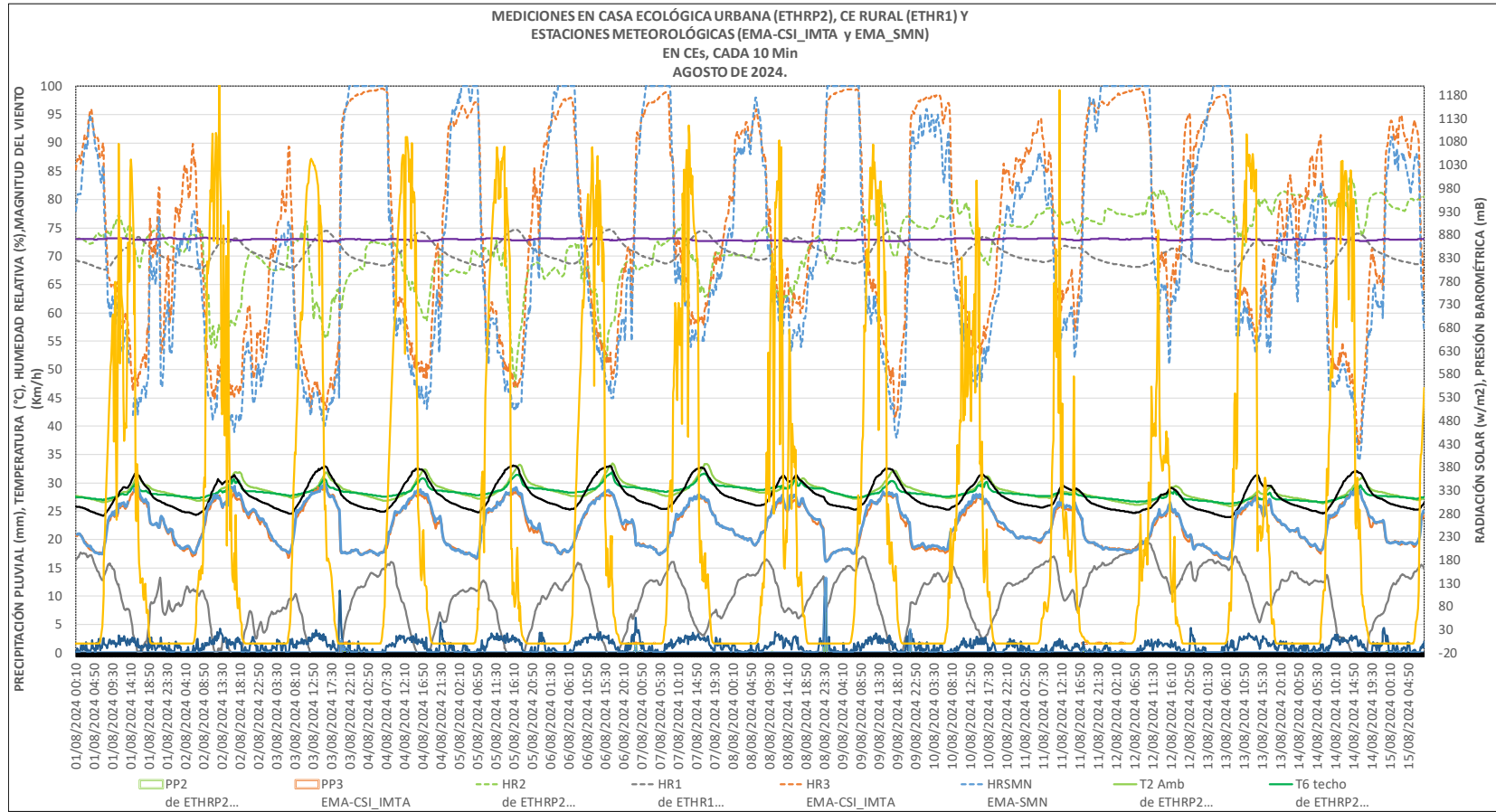
Gráfica 43: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en julio de 2024



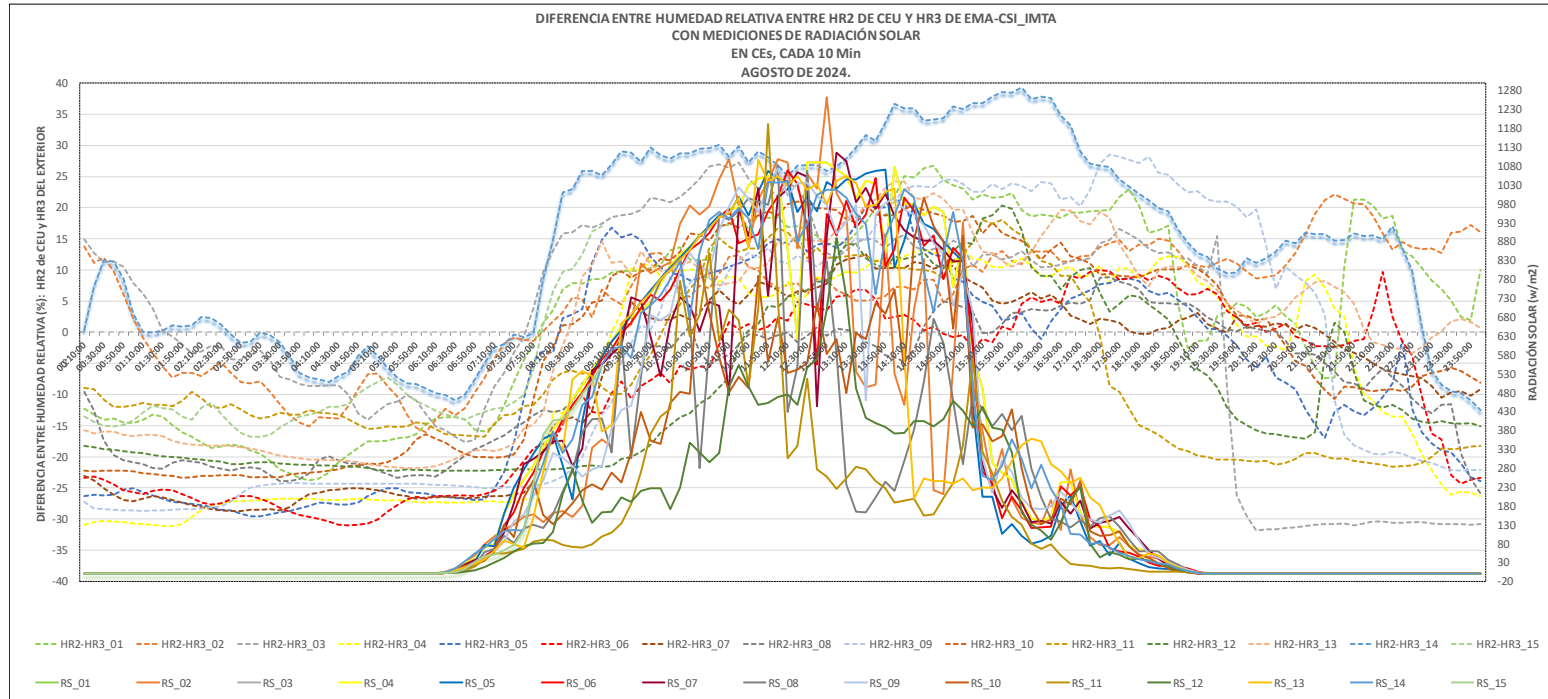
Gráfica 44: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en julio de 2024



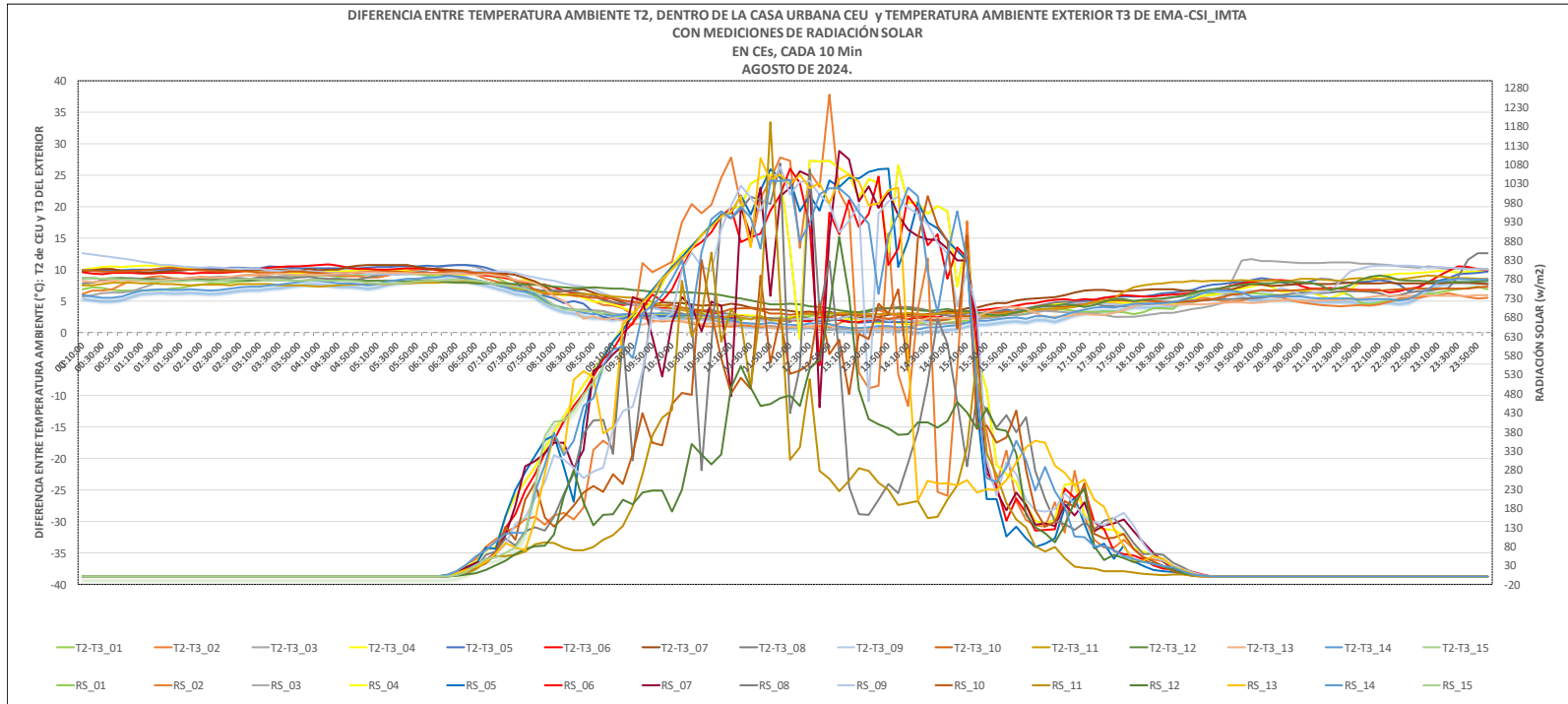
Gráfica 45: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en julio de 2024



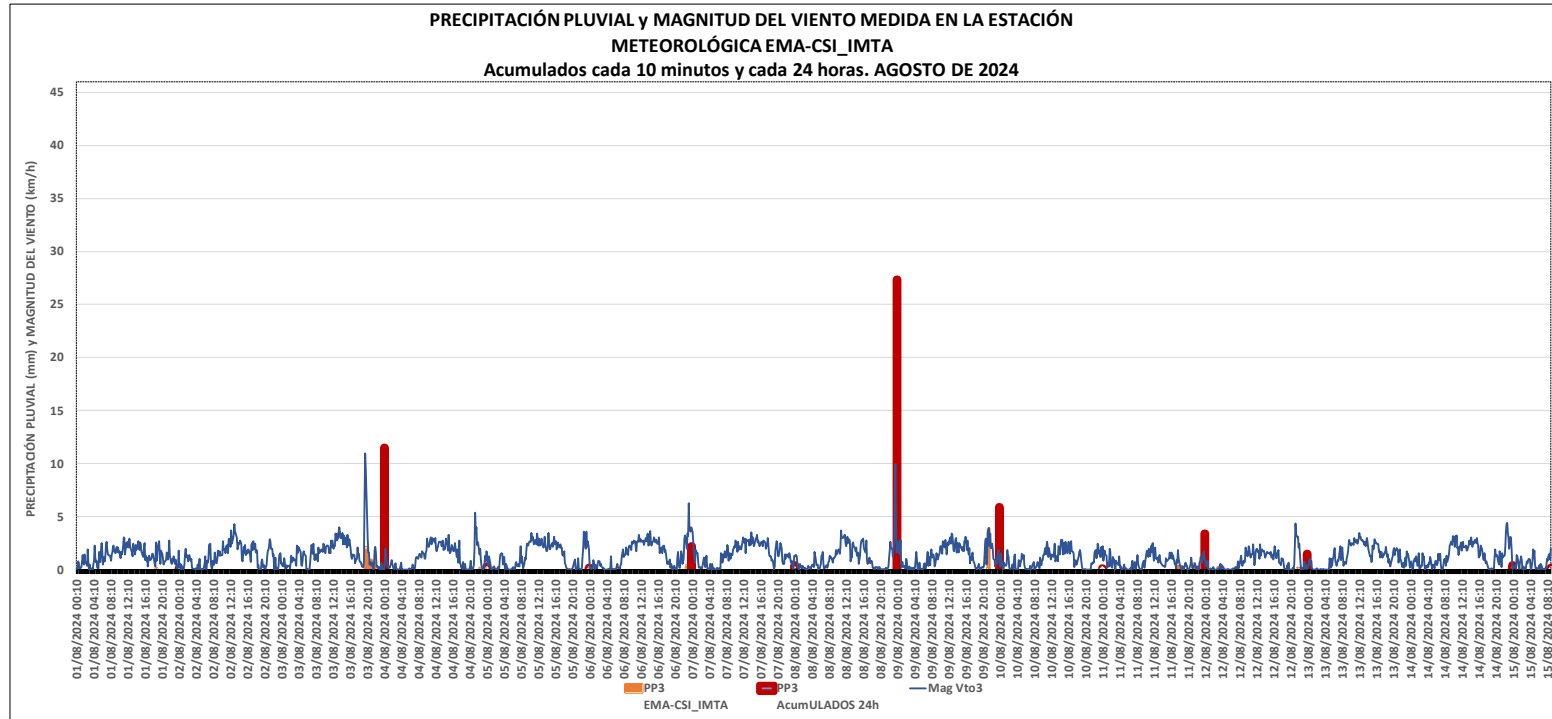
Gráfica 46: Mediciones de Temperatura, Humedad relativa en la Casa Ecológica Urbana y el exterior, en agosto de 2024



Gráfica 47: Diferencia entre la humedad interna (HR2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (HR3), en agosto de 2024



Gráfica 48: Diferencia entre la temperatura interna (T2) de la Casa Ecológica Urbana y el exterior (T3), en agosto de 2024



Gráfica 49: Magnitud de Viento y Precipitación Pluvial, registrada por la EMA-CSI_IMTA, en agosto de 2024



Conclusiones

Se tienen ya cuatro años de registro de datos ambientales y meteorológicos de agosto de 2021 a este 2024, en los que se han registrado datos cada 10 minutos de las condiciones ambientales a través de una estación meteorológica que mide temperatura ambiente, humedad relativa, precipitación pluvial, radiación solar, presión barométrica, magnitud del viento y dirección del viento; así como, las condiciones ambientales dentro de la Casa Ecológica Urbana en la que se están midiendo temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura del techo (interior) y precipitación pluvial desde la azotea de dicha casa. También se están midiendo las condiciones ambientales de la Casa Ecológica Rural, con mediciones de temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura del techo (interior).

El 2022 ha sido el año más lluvioso con 1003.04 mm acumulados, en el 2023 se acumularon 619.01 mm y en 2024, un acumulado de 429.69 mm hasta el 15 de agosto.

Referente a los acumulados por mes, el mes con más lluvia acumulada sigue siendo septiembre de 2021 con 275.50 mm, luego está el mes de agosto de 2022 con 267.26 mm y le sigue el mes de julio de 2024 con 238.134 mm.

Referente a lo acumulado por día, en 2023, se registraron 12 días con lluvias mayores a 15 mm y en 2024, fueron diez días, con lluvias mayores a 15 mm, aunque fue el 31 de agosto de 2022, el día que se tuvo un acumulado de 24 horas de 53.49 mm, siendo el 10 de julio de 2024, el segundo día con más lluvia acumulada, con 44.284 mm, le sigue 01 de julio de 2024 con 34.762 mm y después el 05 de agosto de 2023, con 34.533 mm

Es necesario, calcular la sensación térmica con los métodos “Wind Chill” y “Heat Index”, para tomar decisiones y mejorar el confort dentro de las casas ecológicas.



6. SEÑALÉTICA PARA LAS CASAS ECOLÓGICAS.

Se elaboraron ocho infografías para los proyectos de soluciones basadas en la naturaleza e infraestructura verde con las que cuenta el IMTA, entre ellas se encuentran; Sistema de captación de agua de lluvia, ver Figura 70, sanitario seco, ver Figura 71, humedal, ver Figura 72, jardín de lluvia, ver Figura 73, techo verde, Figura 74, zanja de infiltración, ver Figura 75, riego de áreas verdes, ver Figura 76, bicibomba, ver Figura 77.



Figura 70: Infografía Scall



SISTEMA DE ELIMINACIÓN DE RESIDUOS HUMANOS

SANITARIO SECO

¿Qué es?
Una alternativa del uso de excremento sin el uso del agua.

¿Cómo se construye?
Se realizan unas cámaras debajo del baño y del sanitario para poder ocultar los excrementos, estas cámaras deben tener un tubo de ventilación, así como atrapamoscas.

¿A qué se llega?
Se generan desechos orgánicos sin el uso del agua potable que se usa en un sanitario normal.

Componentes

COORDINACIÓN DE SISTEMAS HÍDRICOS
SUBCOORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E INFRAESTRUCTURA VERDE

Figura 71: Infografía Sanitario Seco

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

HUMEDAL

¿Qué es?
Sistema de tratamiento de aguas residuales, una alternativa tecnológica mediante la cual se eliminan o reducen los contaminantes que contiene el agua residual que se genera en una casa habitación.

¿Cómo se construye?
Consiste en un estanque poco profundo, impermeabilizado para evitar infiltraciones o fugas de agua, que es relleno con grava, la cual sirve como medio filtrante y como sustrato sobre el que se siembran especies vegetales, y en el que se instalan tuberías para ingresar y distribuir el agua, así como para su recolección y disposición final.

¿A qué se llega?
Reusó del agua tratada. Dependiendo la ocupación del agua de salida se puede ocupar el agua para riego de áreas verdes y huertos.

Componentes

COORDINACIÓN DE SISTEMAS HÍDRICOS
SUBCOORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E INFRAESTRUCTURA VERDE

Figura 72: Infografía Humedal





Figura 73: Infografía Jardín de Lluvia.

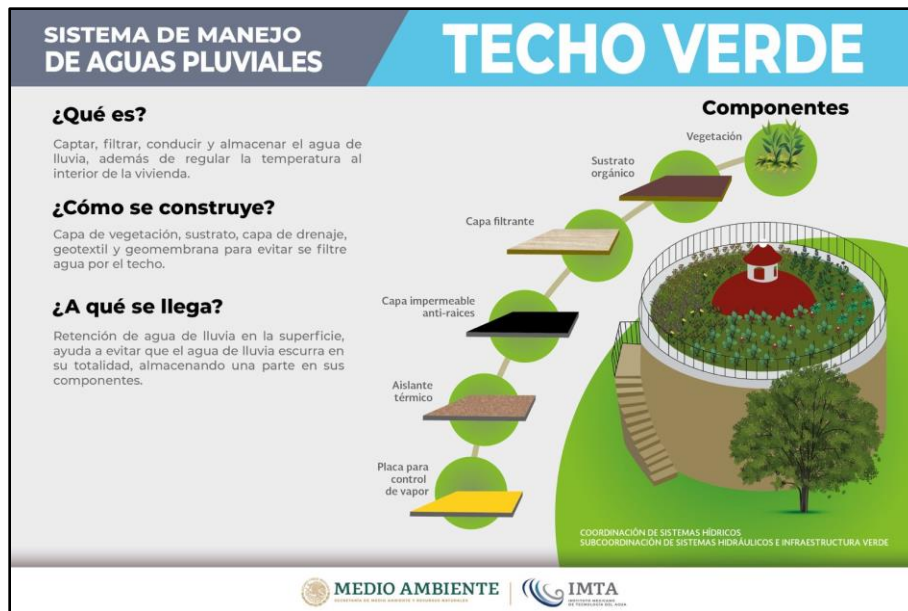


Figura 74: Infografía Techo verde



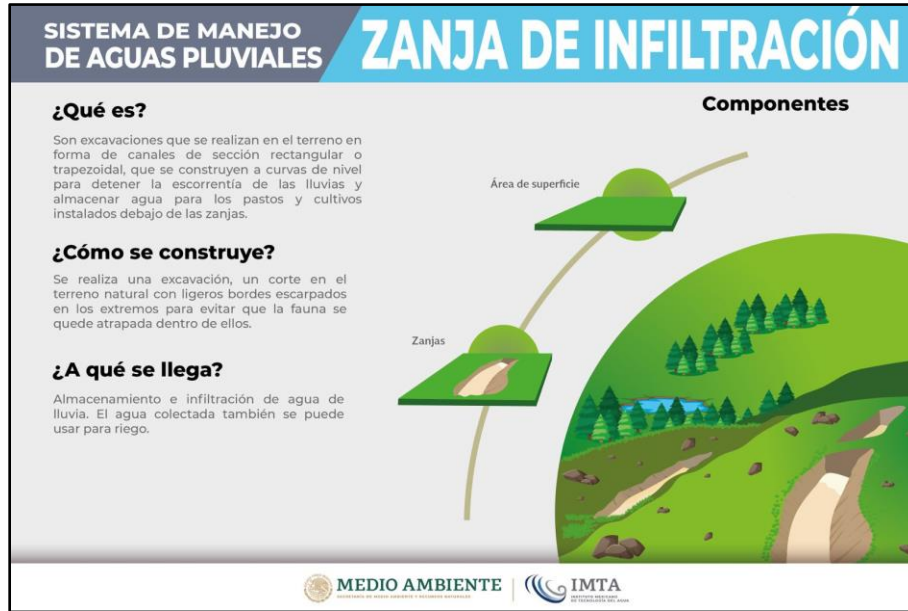


Figura 75: Infografía zanja de infiltración



Figura 76. Infografía Riego de áreas verdes





SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA
BICIBOMBA

¿Qué es?
Es una tecnología que acompaña a la cisterna de captación de agua de lluvia y que hace posible el bombeo para la obtención del agua almacenada en la cisterna para su uso en el jardín, huerto y labores domésticas.

¿Cómo se construye?
Bombee el agua como una bomba de motor eléctrica, sin embargo, es la fuerza motriz la que se usa, mediante el pedaleo del usuario, sin necesidad de usar energía eléctrica.

¿A qué se llega?
Se puede bombear agua desde la cisterna, aljibe o noria, hasta el punto de uso del agua, como puede ser el lavadero, el tinaco de la vivienda, un huerto familiar u otro.

Componentes

COORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRICOS
SUBCOORDINACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS E INFRAESTRUCTURA VERDE



Figura 77: Infografía Bicibomba

Para la colocación de la señalética en las casas ecológicas se mandaron a elaborar unas bases de PTR de 1 y 2” en las cuales se les colocaba una placa de acero con inclinación para que se pudiesen observar mejor, la elaboración de dichas bases se puede observar en la siguiente Figura 78, mientras que la base terminada lista para colocarse, se puede observar en la Figura 79.

Las infografías elaboradas se colocaron en su respectiva zona, en la Figura 80 se observan las infografías del jardín de lluvia y riego de áreas verdes, mientras que en la Figura 81 se observa la infografía de las zanjas de infiltración.





Figura 78: Limado de bases para la señalética.



Figura 79: Bases de señalética terminadas





Figura 80: Instalación de infografías



Figura 81: Infografía de las zanjas de infiltración colocada



7. REUBICACIÓN DE CALENTADOR SOLAR

Para reubicar el calentador solar se realizó una estructura de PTR ver Figura 82, la cual se colocaría detrás de la casa ecológica rural. En la estructura se colocó un tinaco de 450 litros para alimentar el calentador solar, ver Figura 83 y Figura 84.

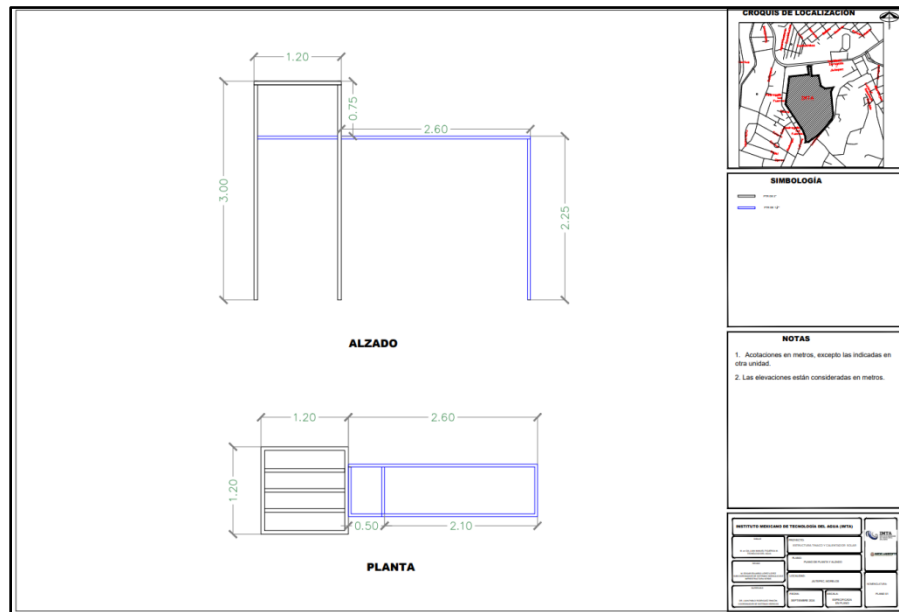


Figura 82: Estructura PTR.



Figura 83: Instalación de calentador solar.



Figura 84: Instalación de calentador solar y tinaco en estructura metálica.





8. ANEXOS

Datos de cisterna capuchino

Día	Tirante cm	Vacío cm	Volumen m ³
02/01/2024	57	161	5.154624
03/01/2024	57	161	5.154624
04/01/2024	57	161	5.154624
05/01/2024	57	161	5.154624
06/01/2024	57	161	5.154624
07/01/2024	55	163	4.97376
08/01/2024	56	162	5.064192
09/01/2024	55	163	4.97376
10/01/2024	56	162	5.064192
11/01/2024	56	162	5.064192
12/01/2024	56	162	5.064192
13/01/2024	55	163	4.97376
14/01/2024	55	163	4.97376
15/01/2024	55	163	4.97376
16/01/2024	55	163	4.97376
16/01/2024	55	163	4.97376
17/01/2024	55	163	4.97376
18/01/2024	55	163	4.97376
19/01/2024	53	165	4.792896
20/01/2024	53	165	4.792896
21/01/2024	53	165	4.792896
22/01/2024	53	165	4.792896
23/01/2024	53	165	4.792896
24/01/2024	52	166	4.702464
25/01/2024	52	166	4.702464
26/01/2024	52	166	4.702464
27/01/2024	52	166	4.702464
28/01/2024	50	168	4.5216
29/01/2024	49	169	4.431168
30/01/2024	49	169	4.431168
31/01/2024	49	169	4.431168
01/02/2024	48	170	4.340736
02/02/2024	49	169	4.431168
03/02/2024	48	170	4.340736
03/02/2024	48	170	4.340736
04/02/2024	48	170	4.340736
05/02/2024	48	170	4.340736
06/02/2024	48	170	4.340736





07/02/2024	47	171	4.250304
08/02/2024	47	171	4.250304
09/02/2024	46	172	4.159872
10/02/2024	47	171	4.250304
11/02/2024	46	172	4.159872
12/02/2024	44	174	3.979008
13/02/2024	45	173	4.06944
14/02/2024	44	174	3.979008
15/02/2024	44	174	3.979008
16/02/2024	44	174	3.979008
17/02/2024	42	176	3.798144
18/02/2024	43	175	3.888576
19/02/2024		0	
20/02/2024	41	177	3.707712
21/02/2024	40	178	3.61728
22/02/2024	39	179	3.526848

Planos de las soluciones basadas en la naturaleza.

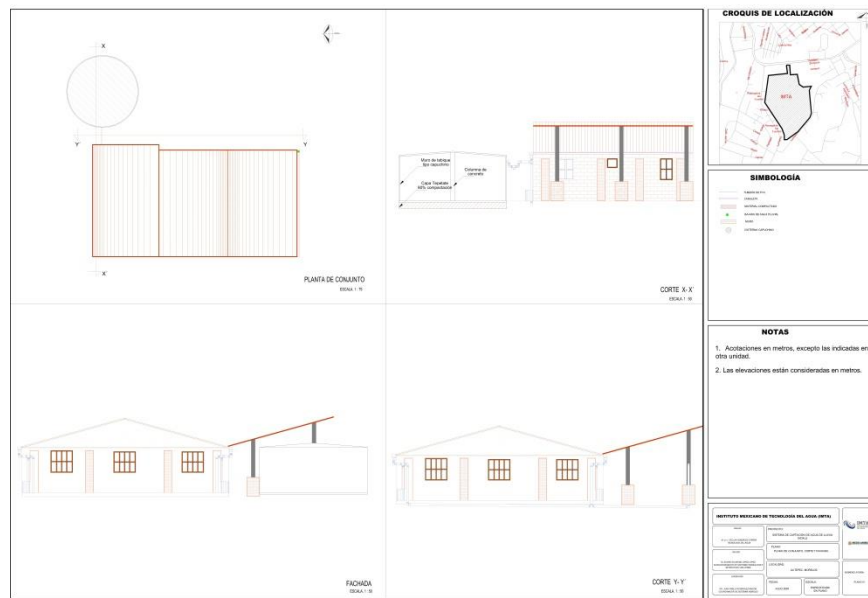


Figura 85: Plano Sistema de Captación de agua de lluvia



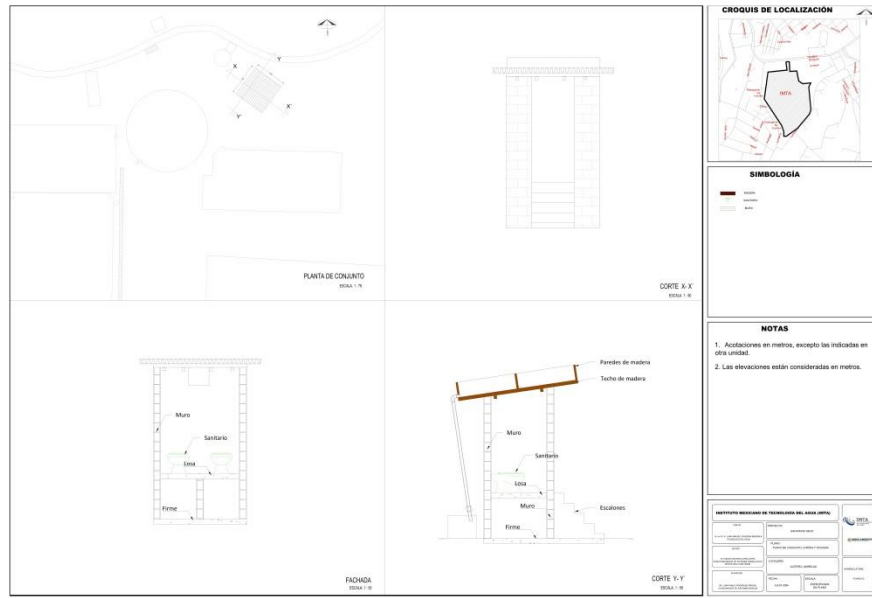


Figura 86: Sanitario seco

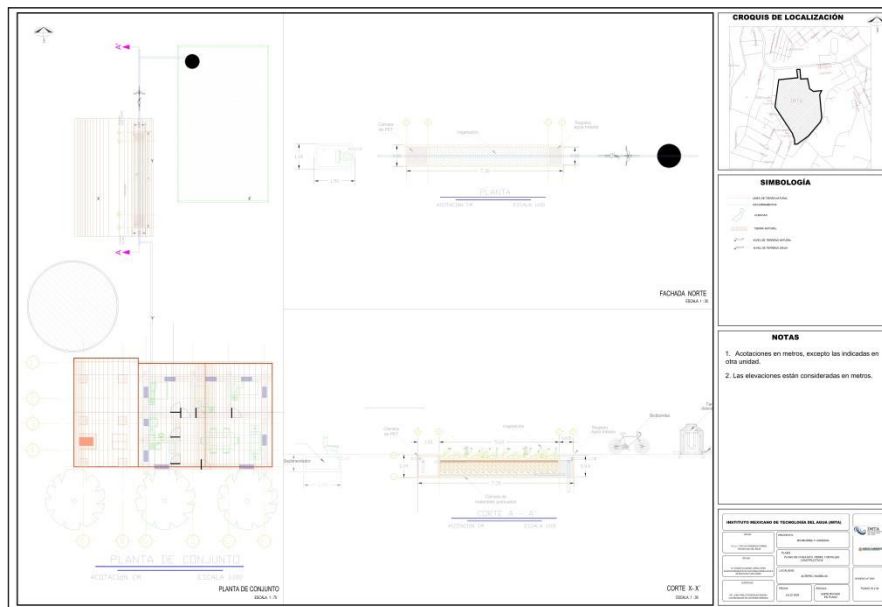


Figura 87: Plano de humedal y bicibomba

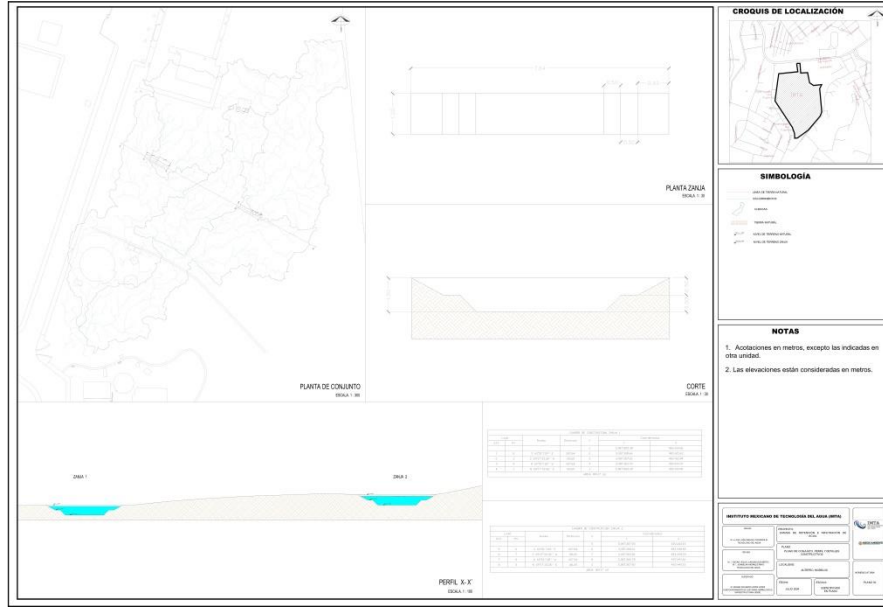


Figura 88: Plano de zanjas de infiltración

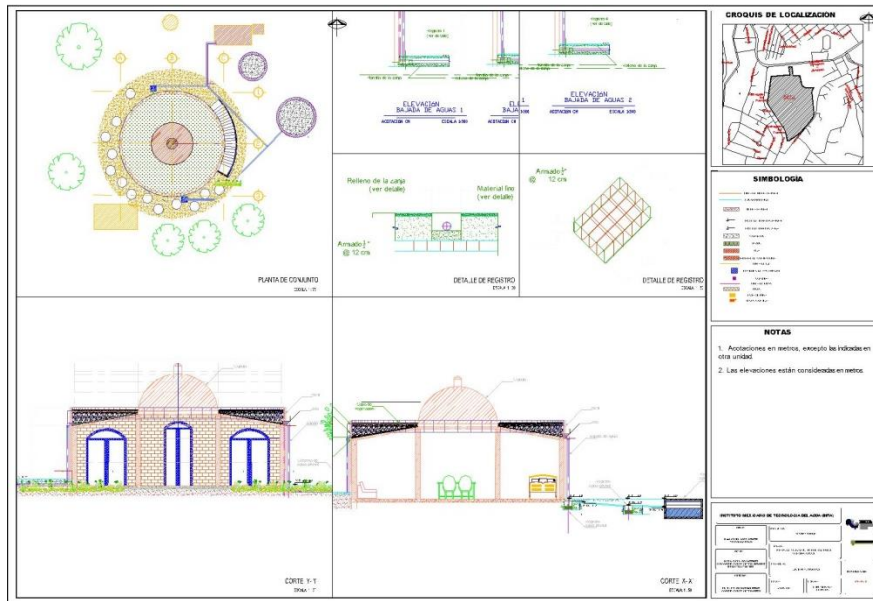


Figura 89: Plano techo verde

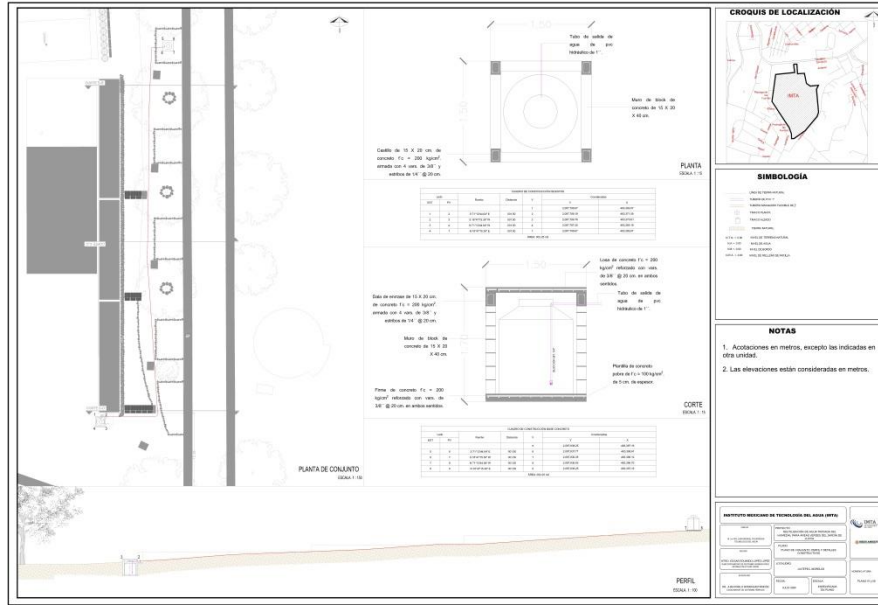


Figura 90: Plano reutilización de aguas negras y jardín de lluvia.



Figura 91: Plano calentador solar

