UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

SANTIAGO – CHILE

"ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA EN EL CAMPUS SAN JOAQUÍN DE LA UTFSM"

Autor

Roland Kremer Morales

Trabajo de Titulación para optar al Título de:

INGENIERO CIVIL MECÁNICO

Profesor Guía: Dr. Arturo González Araya

Profesor Correferente: Dr. Rodrigo Barraza Vicencio

Noviembre, 2016

RESUMEN EJECUTIVO

En Marzo de 2009, la UTFSM inaugura el nuevo campus Santiago San Joaquín, ubicado en avda. Vicuña Mackenna #3939, comuna de San Joaquín, Santiago, instalaciones donde se trasladaron los programas de Ingeniería Civil Informática y Plan Común en Ingenierías y Licenciaturas, abriendo también los programas de Ingeniería Civil Mecánica, Ingeniería Civil Eléctrica, Ingeniería Civil e Ingeniería Civil Química. En este campus, se dispone de diferentes espacios físicos inutilizados, los cuales cumplen con las condiciones básicas para la correcta instalación de estaciones automatizadas de monitoreo climatológico, conocidas también como "Estaciones Meteorológicas Automáticas" o "EMA´s". La EMA es una versión autónoma automatizada de la tradicional estación meteorológica, preparada tanto para ahorrar labor humana, o realizar mediciones en áreas remotas o inhóspitas, y su finalidad es efectuar, transmitir y registrar automáticamente las observaciones tomadas por sus diferentes partes o sensores, realizando, en caso necesario, directamente la conversión a la clave correspondiente o bien realizándose esa conversión en una estación transcriptora.

En el presente documento se detalla una propuesta de diseño para la instalación de una EMA en el campus San Joaquín de la Universidad. Para esto se realizó un estudio de proveedores locales del mercado nacional basado en aquellas tecnologías distribuidas en el país por la empresa Tecnología Omega Limitada. Se selecciona como tecnología predominante los equipos Campbell Scientific por su amplia utilización en estaciones de monitoreo, también por ser marca registrada y recomendada por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) el cual cuenta con una red de estaciones de monitoreo a lo largo de todo el país, y por ser la marca cuyos equipos son material para informes meteorológicos certificados y documentos de estudios científicos internacionales.

Para lograr un estudio acabado de la implementación de una EMA, en primer lugar se hace un levantamiento de información para el estado del arte del proyecto, donde se especifican las partes básicas de las estaciones, las variables típicas climáticas que miden, y una reseña histórica sobre el laboratorio de energía solar ubicado en la sede de Valparaíso de la Universidad. Finalmente se determina que las variables a medir en la estación serán: velocidad y dirección de viento, precipitación, presión barométrica, temperatura y humedad relativa del aire, y radiación solar global. Sin embargo, la capacidad del Datalogger Campbell seleccionado deja abierta la posibilidad de agregar nuevos sensores a la instalación. Luego se entrega un detalle de costos de adquisición más

reseña de las alternativas tanto para los equipos como las estructuras necesarias. Las tecnologías seleccionadas a implementar son las siguientes:

Equipos:

- Datalogger Campbell Scientific CR1000
- Regulador de Carga Campbell Scientific PS150
- Fuente de Carga Campbell Scientific PS10
- Anemoveleta RM Young 03002
- Piranómetro Campbell Scientific CS300
- Sensor Temperatura y Humedad Relativa del Aire Campbell Scientific HMP60
- Sensor Presión Barométrica Vaisala CS106
- Pluviómetro Texas Electronics TE525MM
- Trípode CM110
- Gabinete Armario ENC12/14
- Cruceta CM204
- Base con Nivelación para Piranómetro 18356
- Vara para Pluviómetro CM300

El costo total de adquisición de los equipos mencionados anteriormente, según cotización entregada por Tecnología Omega Limitada asciende a $7.000.000 IVA Incluido aprox. Esto solo involucra el costo fijo de adquisición de equipos, sin embargo, como opción alternativa más económica se entregan los costos de adquisición de equipos quitando las estructuras y cambiando el Datalogger CR1000 por un CR300. Con esto se llega a un valor de $4.200.000 IVA incluido aprox.

Por otra parte, en información entregada por INIA se puede estimar los costos operacionales de estaciones de monitoreo similar a la que se estudia en 0,75UF lo que involucra mantenimiento, transmisión de la información vía modem y visitas de calibración. Con esto se tiene información de costos del proyecto tanto para su implementación como para su operación. Por otra parte, se agrega un capítulo de selección de sitio, en donde se analizan alternativas en diferentes ubicaciones de la Universidad, básicamente los techos de los diferentes edificios, y se determina como óptimos los techos del edificio F y edificio A, según recomendaciones de emplazamiento de la Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (OMM N°8). Finalmente y dado el reiterado énfasis que se hace en la literatura sobre la importancia del mantenimiento adecuado de la EMA, se agrega al estudio un apartado con detalle de mantenimiento preventivo para la estación de monitoreo, donde se detallan las actividades a realizar en visitas de rutina programas cada dos meses.

ABSTRACT

In March 2009, the UTFSM inaugurated the new campus Santiago San Joaquin, located in avda. Vicuña Mackenna # 3939, commune of San Joaquin, Santiago, facilities where programs Informatics Civil Engineering and Common Plan in Engineering and Bachelor moved, also opening programs Civil Engineering Mechanics, Civil Electrical Engineering, Civil Engineering and Civil Engineering Chemistry. On this campus, there are unutilized different physical spaces, which meet the basic conditions for proper installation of automated monitoring climatological stations, also known as "Automatic Weather Stations" or "EMA's". The EMA is an automated standalone version of the traditional weather station, prepared both to save human labor, or make measurements in remote or inhospitable areas, and its purpose is to perform, transmit and automatically record the observations made by its different parts or sensors, performing if necessary, conversion directly to the corresponding key or performing the conversion in a transcriber station.

In this paper a design proposal for the installation of an EMA in the San Joaquin campus detailed. For this a study of local suppliers in the domestic market based on those technologies distributed in the country by Omega Technology Company Limited was held. Teams Campbell Scientific is selected as the predominant technology for its wide use in monitoring stations, also as trademark and recommended by the National Institute for Agricultural Research (INIA) which has a network of monitoring stations throughout the country, and as the brand whose teams are material certificates and documents of international scientific studies weather reports.

To achieve a closed implementing an EMA study, first gathering information for the state of art project where the basic parts of the stations that were done, the typical climatic variables that measure, and a historical review on solar energy laboratory located at the headquarters of Valparaiso University. Finally it is determined that the variables to be measured at the station are: speed and wind direction, precipitation, barometric pressure, temperature and relative humidity, and global solar radiation. However, the capacity of selected Datalogger Campbell leaves open the possibility of adding new sensors to install. A detail of acquisition costs more review of alternatives for both equipment and the necessary structures are then delivered. Selected to implement technologies are:

Equipment:

- CR1000 Campbell Scientific datalogger
- Charge Regulator Campbell Scientific PS150
- Load Source Campbell Scientific PS10
- Anemoveleta RM Young 03002
- Campbell Scientific CS300 Pyranometer
- Temperature and Relative Humidity Sensor Air Campbell Scientific HMP60
- Barometric Pressure Sensor Campbell Scientific CS106
- Rain Gauge Texas Electronics TE525MM
- Tripod CM110
- Cabinet Wardrobe ENC12 / 14
- Crosshead CM204
- Base with leveling for Pyranometer 18356
- Rod for rain gauge CM300

The total cost of acquisition of the equipment mentioned above, according to the quote provided by Technology Omega Ltda. Makes up to $ 7,000,000 VAT included approx. This only involves the fixed cost of acquiring equipment, however, as a more economical alternative option, equipment acquisition costs are paid out by removing the structures and exchanging the CR1000 Datalogger for a CR300. With this it reaches a value of $ 4,200,000 VAT included approx.

On the other hand, in the information provided by INIA, it is possible to estimate the operational costs of monitoring stations similar to those studied in 0.75UF, which involves maintenance, transmission of information via modem and calibration visits. With this you have project cost information for both implementation and operation. On the other hand, a site selection chapter is added, where alternatives are analyzed in different locations of the University, basically the roofs of the different buildings, and the roofs of building F and building A are determined as optimal, as recommended by Of the Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (WMO N ° 8). Finally, and given the reiterated emphasis in the literature on the importance of proper EMA maintenance, a section with preventive maintenance detail for the monitoring station is added to the study, detailing the activities to be performed during routine visits Programs every two months.

OBJETIVO

El presente documento tiene como principal objetivo realizar un estudio para implementar en un futuro próximo una Estación Meteorológica Automática en la sede de San Joaquín de la Universidad Técnica Federico Santa María. Este proyecto nació de una iniciativa del alumno, quien la presentó a los profesores encargados del Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad, quienes demostraron gran interés en este tema, puesto que están empeñados en contar con tecnologías de esta naturaleza.

Para esto se requiere de un estudio investigativo previo, donde se levante información, de modo de tener un estado del arte actualizado del proyecto. Luego se debe seleccionar las variables de medición que fueran de mayor interés para ser recopiladas con la futura estación de la Universidad. En base a las variables seleccionadas se recomiendan alternativas de proveedores y equipos que son de reconocido prestigio a nivel mundial, con el fin de entregar dos propuestas de diferente costo de implementación de la estación, no siendo afectados la calidad de los datos.

Finalmente, para lograr un estudio acabado de la implementación de la estación meteorológica automática, se continúa el trabajo con la selección y definición de sitios de emplazamiento, basado en las recomendaciones de la Organización Mundial de Meteorología. También se pretende entregar detalles y recomendaciones para la instalación de los equipos y un plan de mantenimiento preventivo para lograr su correcta operación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reconocer las variables básicas de medición en una Estación Meteorológica Automática.
- Determinar los instrumentos y equipos para la medición de las variables atmosféricas.
- Seleccionar los equipos a implementar para la Estación Meteorológica Automática.
- Seleccionar proveedor de equipos y detalle de costos de adquisición.
- Estimar los costos de implementar la Estación Meteorológica Automática.
- Determinar las características de emplazamiento para la instalación de la Estación Meteorológica Automática, según requisitos de equipos seleccionados.
- Entregar detalle de instalación de la Estación Meteorológica Automática.
- Entregar detalle de mantenimiento de la Estación Meteorológica Automática.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO I
ABSTRACT III
OBJETIVO V
OBJETIVOS ESPECÍFICOS VII
ÍNDICE IX
INTRODUCCIÓN XI

CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA ESTADO DEL ARTE 1

1.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS 1
1.1.1. Definición 1
1.1.2. Generalidades 1
1.1.3. Tipos de Estaciones Automáticas 2
1.1.4. Variables de Medición Comunes de las EMA´s 3
1.2. ELEMENTOS DE UNA ESTACIÓN AUTOMÁTICA 9
1.2.1. Estructura General 9
1.2.2. Sensores 9
1.2.3. Tecnologías para EMA´s recomendados por la DMC 10
1.3. LABORATORIO ENERGÍA SOLAR Y ENERGÍAS RENOVABLES UTFSM 15
1.3.1. Historia 15
1.3.2. Catastro Sensores Laboratorio de Energías Renovables 17
1.4. EJEMPLOS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN SANTIAGO 20
1.4.1. Agromet 20
1.4.2. Estación meteorológica USACH 21
1.5. SELECCIÓN DE VARIABLES A MEDIR PARA EMA 22

CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DE EQUIPOS 23

2.1. INTRODUCCIÓN 23
2.2. PROVEEDORES 23
2.2.1. Alternativas de Proveedores en Chile 23
2.2.2. Selección de Proveedor 25

2.3. OPCIONES DE TECNOLOGÍAS 26
2.4. COTIZACIÓN TECNOLOGÍAS 28
2.5. ALTERNATIVAS DE EQUIPOS 30
2.6. COSTOS OPERACIONALES 32
2.7. CONCLUSIÓN 33

CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE SITIO 35
3.1. INTRODUCCIÓN 35
3.2. RECOMENDACIONES 35
3.3. OPCIONES DE SITIOS 36
3.4. CONCLUSIÓN 40

CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA 41
4.1. INTRODUCCIÓN 41
4.2. ESTRUCTURA 41
4.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA 45
4.4. UNIDAD CENTRAL 46
4.5. SENSORES 49
4.6. CONCLUSIÓN 55

CAPÍTULO 5: MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA 57
5.1. INTRODUCCIÓN 57
5.2. PAUTAS PARA PLAN DE MANTENIMINETO 58
5.2.1. Visita de Rutina 58
5.2.2. Estructura 59
5.2.3. Sistema de Alimentación de Energía 60
5.2.4. Unidad Central 61
5.2.5. Sensores 61
5.3. CONCLUSIÓN 63

CONCLUSIÓN 65
BIBLIOGRAFÍA 67
ANEXOS 69

INTRODUCCIÓN

El ser humano desde los primeros tiempos, debió darse cuenta del estado de la atmósfera y de las variaciones que tenían lugar diariamente de una a otra estación del año. Mucho antes de los albores de la historia, comenzó a buscar explicaciones para los hechos que observaba y así creó la ciencia de la meteorología. Las primeras explicaciones fueron remplazadas por otras a medida que aumentaron los conocimientos respecto al tiempo. Los fenómenos relacionados con la atmósfera, el tiempo y el clima inciden en el desarrollo y resultado de las actividades humanas. En esto, la meteorología es similar a todas las ciencias.

La meteorología es la ciencia interdisciplinaria, de la física de la atmósfera, que estudia el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos producidos y las leyes que lo rigen. Contar con datos confiables y consistentes es imprescindible para asistir la toma informada de decisiones sobre acontecimientos actuales y futuros. Medir y predecir el clima permite ayudar a la sociedad en diversas dimensiones, asiste a la población, a la industria, a la agricultura, a los sistemas de trasporte y a la evaluación de proyectos relacionados con el clima. Es por esto, que disponer de datos meteorológicos es una necesidad para conocer el comportamiento de determinadas variables climáticas, en especial aquellas que afectan directa o indirectamente la actividad humana. El uso de las Estaciones Meteorológicas Automáticas en tiempo real es una opción eficiente y moderna para responder a esta demanda.

Una Estación Meteorológica es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables meteorológicas. Estos datos se utilizan tanto para la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos como para estudios climáticos. Algunos de los instrumentos más comunes y variables que se miden en una estación meteorológica incluyen:

- Termómetro: Instrumento que mide la temperatura en diversas horas del día.
- Termómetros de subsuelo (geotermómetro): Para medir la temperatura a 5, 10, 20, 50 y 100 [cm] de profundidad.
- Termómetro de mínima junto al suelo: Mide la temperatura mínima a una distancia de 15 [cm] sobre el suelo.
- Termógrafo: Registra automáticamente las fluctuaciones de la temperatura.
- Barómetro: Mide la presión atmosférica en la superficie.
- Pluviómetro: Mide la cantidad de agua caída sobre el suelo por metro cuadrado en forma de lluvia, nieve o granizo.

- Psicrómetro o higrómetro: Medida de la humedad relativa del aire y la temperatura del punto de rocío.
- Piranómetro: Medida de la radiación solar global (directa + difusa).
- Heliógrafo: Medida de las horas de luz solar.
- Anemómetro: Medida de la velocidad del viento.
- Veleta: Instrumento que indica la dirección del viento.

La mayor parte de las estaciones meteorológicas están automatizadas requiriendo un mantenimiento ocasional. Una estación meteorológica automática es un equipo de adquisición de datos en el que los instrumentos efectúan, almacenan y transmiten las observaciones de forma automática, sin necesidad de la presencia de personal. Las estaciones meteorológicas automáticas surgieron de la necesidad de obtener información en ubicaciones con dificultad de acceso o en lugares inhóspitos. Inicialmente se utilizaron para complementar la red de estaciones meteorológicas. Este tipo de estación presenta las siguientes ventajas respecto de las estaciones de monitoreo por personal:

- Más consistentes en sus medidas.
- Dan datos a mayor frecuencia.
- Dan datos en todo el tiempo (24 horas todos los días).
- Se pueden colocar en zonas aisladas.

Además, existen observatorios meteorológicos sinópticos, que sí cuentan con personal (observadores de meteorología), de forma que además de los datos anteriormente señalados se pueden recoger aquellos relativos a nubes (cantidad, altura, tipo), visibilidad y tiempo presente y pasado. La recogida de estos datos se denomina observación sinóptica.

Otras instalaciones meteorológicas menos comunes disponen de instrumental de sondeo remoto como radar meteorológico para medir la turbulencia atmosférica y la actividad de tormentas, perfiladores de viento y sistemas acústicos de sondeo de la estructura vertical de temperaturas. Alternativamente, estas y otras variables pueden obtenerse mediante el uso de globos sonda.

En todo caso la distribución irregular de estaciones meteorológicas y la falta de ellas en grandes regiones, como mares y desiertos, dificulta la introducción de los datos en modelos meteorológicos y complica las predicciones de mayor alcance temporal.

CAPÍTULO 1: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA ESTADO DEL ARTE

1.1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

1.1.1. Definición

En el Manual del sistema mundial de observación se define como estación automática una <<estación en la que los instrumentos efectúan y transmiten o registran automáticamente las observaciones, realizando, en caso necesario, directamente la conversión a la clave correspondiente o bien realizándose esa conversión en una estación transcriptora>>. También debe ser posible insertar datos de procesamientos puramente manuales.

1.1.2. Generalidades

Las estaciones meteorológicas automáticas sirven en general para complementar la red básica de observaciones manuales. Lo hacen proporcionando datos de lugares de difícil acceso o inhóspitos o, en las estaciones dotadas de personal, efectuando mediciones fuera del horario normal de trabajo de los observadores. La distribución de las estaciones meteorológicas automáticas debe ser consecuencia de un plan coordinado y definido para proporcionar datos a los usuarios en la forma solicitada. Para ello, hay que mantener contacto con los usuarios con el fin de establecer una lista de todas las necesidades de los mismos y desarrollar los medios prácticos para satisfacer esas necesidades.

Es importante tener muy presente que los datos suministrados por los sistemas automáticos no son idénticos a los que obtiene un observador que efectué las mismas mediciones. Intentar reproducir, mediante sistemas instrumentales automáticos, la depuración subjetiva de un observador impone a los datos que mide, supone un enorme trabajo largo y costoso. La medida de la visibilidad y la del viento en superficie son dos ejemplos que ilustran claramente el caso.

Las observaciones relativas a la visibilidad que efectúa el observador dependen no solamente del estado de la atmosfera sino también del emplazamiento, tamaño, carácter y distribución de los objetos que sirven de referencia para determinar la visibilidad. Dependen además de una diversidad de factores fisiológicos y psicológicos propios del observador, como son su habituación a los objetos y su emplazamiento y, por la noche, de la adaptación de los ojos y las condiciones de entorno.

Por lo que respecta al viento, el promedio que determina un observador al leer la presentación analógica de un cuadrante de viento será en general distinto del resultado de cualquier promedio instrumental calculado por el mismo sensor durante el mismo periodo. Estas diferencias se deben a influencias tales como la frecuencia con que se muestrean los datos, el tipo de depuración instrumental empleado por el sistema automático y la inclinación del observador con respecto a la escala en el momento de la lectura.

1.1.3. Tipos de Estaciones Automáticas

Las características de funcionamiento que se exigen de una estación meteorológica automática y las funciones que realiza dependen del empleo que se va a hacer de los datos. Es posible clasificar las estaciones automáticas en determinado número de grupos funcionales; sin embargo esos grupos suelen superponerse frecuentemente unos con otros y entonces la clasificación empieza a fallar. Así pues, la mejor clasificación general parece ser: Estaciones que prevén datos en tiempo real y estaciones que registran los datos para su ulterior análisis. Es corriente, sin embargo, que ambas funciones sean desempeñadas por el mismo sistema. Las aplicaciones típicas en tiempo real consisten en proporcionar datos sinópticos, datos para su utilización en los aeródromos y para el seguimiento de situaciones críticas de alerta, tales como tormentas, niveles de ríos o alturas de mareas. Las aplicaciones clásicas de los datos en tiempo diferido se refieren esencialmente a la explotación de las estaciones climatológicas, o al seguimiento o vigilancia del medio ambiente para detectar condiciones de peligro cuyos efectos estén asociados a constantes a un plazo relativamente largo (por ejemplo, condiciones que originan las enfermedades de las plantas).

Frecuentemente resulta necesario que las estaciones meteorológicas automáticas operen sin personal presente durante largos periodos, en lugares de difícil acceso, tanto en tierra como en el mar. Pueden tener que funcionar fuentes de energía altamente inseguras, o en lugares donde no hay suministro permanente de energía y, naturalmente,

tienen que ser capaces de hacer frente a las más duras condiciones meteorológicas. Sin embargo, el costo de sistemas capaces de funcionar en todas las circunstancias que se pueden prever para una estación automática es prohibitivo, por lo que es esencial que antes de especificar o proyectar un sistema se tenga un conocimiento profundo de las condiciones de trabajo que se prevén para el mismo. Uno de los requisitos imprescindibles para toda estación meteorológica automática es su fiabilidad. Los gastos de mantenimiento de una red de estaciones automáticas en tierra pueden superar ampliamente su valor de adquisición, siendo mucho más acusado el problema cuando se trata de sistemas marítimos. Así pues, es imprescindible que las estaciones automáticas se conciban de forma que ofrezcan fiabilidad posible.

1.1.4. Variables de Medición Comunes de las EMA´s

Las principales variables que se miden en las Estaciones de Monitoreo Automáticas, sus aspectos generales y requisitos generales de instalación se presentan a continuación:

- Velocidad del Viento:

La utilización de anemómetros tradicionales de cazoletas o de hélice en los sistemas implantados en las EMA´s se ha generalizado enormemente y no se presentan problemas técnicos particulares aparte de los que se relacionan con el engelamiento en condiciones meteorológicas muy rigurosas. Esta dificultad se ha superado merced a un anemómetro que se encuentra en el comercio y que se basa en la presión diferencial originada en toda una serie de orificios dispuestos en torno a la parte superior de un tubo vertical cerrado. Se puede calentar el tubo mediante una corriente eléctrica, evitándose así la formación de hielo, pero a costa de un aumento importante del consumo de energía. Los principales problemas relacionados con la medición automática de la velocidad del viento resultan de la toma de datos y depuración de las señales del anemómetro. Si estos problemas no se tratan debidamente, pueden dar pie, como consecuencia de ello, a unas medidas totalmente erróneas o falta de precisión.

- Dirección del Viento:

La utilización de instrumentos tradicionales analógicos para medir la dirección del viento esta también muy generalizada en los sistemas implantados de las EMA´s. Los sistemas a base de veletas cuyas mediciones aparecen en forma digital, cifradas

generalmente en una u otra forma de la clave Gray pueden ser más convenientes para ciertas aplicaciones. El problema de promediar la representación analógica de una orientación angular variable presenta la dificultad particular de la singularidad en 360°. Este problema puede resolverse de diferentes maneras. Integrando en la programación los factores de velocidad y dirección del viento, se puede lograr un promedio vectorial. Una solución menos complicada consiste en graduar la presentación analógica del sistema hasta un total de 540°. Lo mismo sucede que sucede con la velocidad del viento, la elección del periodo de recogida de datos y del momento y método para obtener el promedio pueden afectar a los resultados de modo significativo.

Teniendo debidamente en cuenta la singularidad de 360°, se puede obtener un promedio lineal o exponencial. No obstante, se puede lograr una mejor representación del viento verdadero aplicando afinamientos más complejos, como son las funciones polinómicas de orden elevado. En cualquier caso, el resultado obtenido a partir de sistemas totalmente automáticos diferirá en general por lo menos en 10° de las estimaciones del viento medio efectuadas por los observadores, aunque éstos utilicen instrumentos con señales de salida, tales como los que tienen cuadrantes de lectura directa. La elección del intervalo de toma de datos y el momento de promediar las medidas de viento en los sistemas de observación automáticos, dependen de la máxima frecuencia presente en la estructura del viento que se desea reflejar con el resultado del cálculo. Esta, a su vez, depende de la aplicación de se vaya a dar a los datos procedentes del sistema. La OMM (Organización Mundial de Meteorología) recomienda un tiempo de diez minutos para establecer ese promedio en el caso de las observaciones sinópticas, mientras que recomienda dos minutos para las observaciones efectuadas en los aeródromos para fines aeronáuticos.

- <u>Presión Atmosférica:</u>

Existe una amplia variedad de dispositivos fundados en las cápsulas aneroides o diafragmas para medir la presión en algún punto de toma y proporcionar una señal de salida en forma eléctrica, ya sea analógica o digital. Los problemas principales que se deben estudiar cuidadosamente son los efectos adversos de la temperatura, las desviaciones a largo plazo, las vibraciones y la exposición del instrumento. Los efectos de la temperatura en los sistemas aneroides pueden ser importantes y no son fáciles de superar. Un coeficiente de temperatura equivalente a un cambio de la presión indicada de 0,9 [hPa] en el intervalo de temperatura de +5°C a +35°C se considera satisfactorio en los climas templados para dicho intervalo, pero las características que requieren especificaciones detalladas son la histéresis y la repetibilidad. Cabe destacar que en caso de sistemas automáticos que comprendan la posibilidad de controlar la programación, la

característica de correspondencia lineal, normalmente muy conveniente, reviste una importancia secundaria, porque las correcciones necesarias pueden efectuarse fácilmente. Los efectos de las vibraciones y de los golpes en las señales de los transductores de presión deben ser considerados como importantes, particularmente cuando se trata de aplicaciones marítimas a las Estaciones Meteorológicas Automáticas. Una característica que se estima aceptable para las aplicaciones de la observación sinóptica, es que las aceleraciones de 1 g en la gama de frecuencia de 0,1 a 30 [Hz] no produzcan, en un lapso de tiempo de dos minutos, un cambio de la presión indicada superior a 1,5 [hPa].

El problema más importante en relación con la medida de la presión atmosférica en una EMA es el que plantea la exposición de los instrumentos. Dada la necesidad de colocar en un medio protegido la parte electrónica del sistema y habida cuenta de la vulnerabilidad de los sensores de presión de que habitualmente se dispone y a los efectos de su exposición a la intemperie, es práctica común alojar el instrumento de presión dentro de un recipiente estanco y ventilar el sensor desde el exterior del recipiente mediante un tubo. Consecuencia de ello es que el flujo de aire a través de un sencillo tubo de ventilación con el extremo abierto, dará lugar a efectos de Venturi que provocarán errores de presión significativos y por ello resulta necesario hacer uso de un dispositivo conocido con el nombre de toma de presión estática, que evita este problema. Las tomas de presión estática sin partes móviles son preferibles puesto que están evidentemente menos expuestas a fallas mecánicas que aquellas que, por ejemplo, giran al cambiar la dirección del viento. Una toma de presión estática satisfactoria no es fácil de diseñar y serán necesarios ensayos meticulosos en el túnel aerodinámico para estar seguros de que todos los errores significativos de la presión dinámica han sido eliminados.

La frecuencia con que se deben tomar los datos de la presión atmosférica no es determinante para las medidas que se hacen en tierra con fines sinópticos. Las medias aritméticas estrictas de datos tomadas a intervalos del orden de un minuto durante el periodo del orden de diez minutos eliminarán de manera satisfactoria la dispersión, e incluso las lecturas puntuales serán aceptables, en general. Para las EMA´s situadas en plataformas marítimas fondeadas, como son las boyas para la obtención de datos, existe el riesgo de que las medidas se tomen en fase con el movimiento vertical producido por las olas, introduciendo así una posible desviación significativa en las observaciones. Para excluir totalmente esta posibilidad, lo ideal sería que los datos de la presión se tomaran a intervalos irregulares. Sin embargo, muy pocos son los sistemas que en la práctica, poseen este grado de perfeccionamiento.

- Precipitación:

El equipo más común para medir la lluvia y de uso más generalizado, que también sirve para las EMA´s, es el pluviómetro de depósito basculante. Cada vez que se llena de lluvia un depósito, el mismo se vuelca y genera un impulso eléctrico digital. La cantidad de lluvia recogida cada vez está comprendida entre 0,1 [mm] y 0,5 [mm] de lluvia. Un pluviómetro de este tipo se ensucia rápidamente con desperdicios tales como hojas, arena, excremento de pájaros, de modo que no es muy adecuado usarlo en lugares tales como las islas próximas a la costa. Los pluviómetros que pesan la lluvia recogida se han empleado también con buenos resultados, en particular, un tipo basado en una balanza de resortes con señal de salida que da la posición del fiel (facilitando directamente los datos de forma digital). Este tipo de pluviómetro se ha utilizado con muy buenos resultados, en Canadá. Se han hecho varios intentos para tratar de concebir y fabricar un sensor que permita medir la nieve caída, pero el principio mismo de tal instrumento no ha tenido una acogida favorable en general.

- Insolación

Hay un cierto número de sensores que permiten medir la duración de la insolación de modo automático. Sin embargo, ninguno de ellos da resultados conformes a los heliógrafos clásicos de Campbell-Stokes. Además, se ha descubierto recientemente que este equipo se ve diversamente afectado por toda una serie de factores tales como la duración de los periodos de insolación (especialmente los periodos cortos) y la calidad de las bandas de registros o cartulinas en las que se registra la insolación. Hasta la fecha no se ha llegado a ningún acuerdo sobre el umbral de energía por unidad de superficie que debe adoptarse para representar la insolación brillante, pero en caso de las bandas francesas especificadas para el Heliógrafo de Referencia Provisional, se ha adoptado el valor tipo de 120 [Wm^{-2}]. Una dificultad suplementaria que plantean los sensores de medida de insolación no vigilados durante largos periodos de tiempo, instalados en las EMA´s, es la suciedad que se acumula en el orificio de entrada y que provocará por consiguiente modificaciones aparentes del umbral. La mayor parte de los sensores palían este problema en cierta medida empleando una técnica diferencial de detección, pero su utilización aún depende del principio según el cual ambas aperturas se reducen y oscurecen al mismo ritmo.

- Radiación:

La medida de la radiación (global, difusa o directa) es uno de los valores más difíciles de obtener con fiabilidad y precisión por medios automáticos. Si bien la mayoría de los sensores que se emplean para estas medidas en las estaciones tradicionales

pueden, en principio, conectarse a un sistema automático, surgen muchas dificultades para ello. El principal problema técnico es que esos sensores son generalmente de tipo analógico y dan como señal de salida ciertas tensiones muy pequeñas que varían continuamente. Esas tensiones son muy sensibles a las interferencias electromagnéticas en los cables conductores de la señal, cuya longitud debe ser, en consecuencia, reducida. Una de las soluciones consiste en utilizar amplificadores especiales en el propio instrumento para aumentar la señal antes de introducirla en la línea. Dichos amplificadores tienen que estar cuidadosamente diseñados para evitar la distorsión de la señal del sensor. El problema de la contaminación del orificio de entrada es aun más serio en el caso de medidas de la radiación (que son mediciones absolutas) que en el caso de la insolación brillante. En realidad, por ese motivo, es extremadamente difícil utilizar instrumentos de radiación en lugares no vigilados durante varios días o durante periodos más largos, aunque la semi-automatización de las medidas de la radiación ya es una posibilidad práctica merced al empleo de técnicas de interpretación manuales.

- Temperatura:

Los tipos más comunes de termómetros que se utilizan en una EMA son los termómetros de resistencia metálica o termistores. El termómetro de resistencia de platino (100 [Ω] a 0°C) presenta muy buena estabilidad a largo plazo, y puede considerarse el tipo de sensor preferido. Normalmente, los termómetros eléctricos tienen una constante de tiempo muy pequeña, y cuando son muestreados mediante circuitos electrónicos rápidos los datos resultantes reflejan las fluctuaciones de alta frecuencia y baja amplitud de la temperatura local. Para evitar ese problema se pueden utilizar sensores con una constante de tiempo más elevada, o amortiguar artificialmente la respuesta con un circuito apropiado para aumentar la constante de tiempo de la señal de salida, o bien se pueden promediar digitalmente las salidas muestreadas en la unidad central de procesamiento. Los termómetros de resistencia requieren linealización. Esto puede llevarse a cabo mediante circuitos apropiados en los módulos de acondicionamiento de la señal, pero también mediante algoritmos de programación. Se recomienda encarecidamente linealizar las características del termistor. Es importante garantizar una protección adecuada del sensor a los efectos de la radiación. En las EMA´s, los blindajes contra la radiación ajustados al tamaño del sensor se utilizan mucho, en sustitución de la garita Stevenson común, de ventilación natural. Sin embargo, para realizar mediciones precisas, los blindajes contra la radiación deberían ventilarse artificialmente, con una velocidad del aire de unos 3 [m/s], pero habría que tomar precauciones para impedir la entrada de aerosoles y llovizna a fin de evitar el efecto de bulbo húmedo.

- Humedad Atmosférica:

Si bien en las EMA´s se utilizan generalmente sensores de resistencia y capacidad relativamente económicos para efectuar mediciones directas de humedad relativa, el rendimiento de los mismos puede disminuir en presencia de contaminantes por lo que requieren filtros de protección especiales. Las intercomparaciones revelan que es preciso realizar correcciones adicionales para mediciones por debajo de 0°C, incluso si los sensores están provistos de circuitos de compensación de temperatura, y que pueden producirse problemas de histéresis cuando están expuestos a condiciones de saturación. En las EMA´s, como medidores de punto de rocío se utilizan también sensores de cloruro de litio saturado y sensores de espejo enfriado. El principal inconveniente del sensor de cloruro de litio es su sensibilidad a los fallos de energía, ya que requiere intervenciones sobre el terreno tras un corte de energía. El medidor óptico de punto de rocío se considera la técnica más prometedora, pero habrá que continuar investigando para desarrollar un buen dispositivo de limpieza automática del espejo. Los problemas relacionados con la pequeña constante de tiempo de muchos sensores de humedad son incluso más graves que los que plantean los sensores de temperatura. Al igual que para las mediciones de temperatura, todos los tipos de sensores han de instalarse en blindajes adecuados contra las radiaciones. Debería darse preferencia a los blindajes contra las radiaciones aspirados o bien ventilados. Los blindajes pueden ser de una construcción similar a los utilizados para las mediciones de la temperatura. Pueden producirse grandes errores relacionados con problemas de aspiración y de limpieza.

Además de las variables posibles de monitorear detalladas anteriormente, según el documento “Libro Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos N°8” de la Organización Mundial de Meteorología (OMM), las EMA´s también son muy usadas para los siguientes casos (solo se mencionarán ya que no van al caso al ser técnicas de muestreo para usos específicos): Observaciones Aeronáuticas, Observaciones Marítimas, Observaciones desde Aeronaves, Sondeos de la Troposfera Inferior, Medida de la duración de Insolación, Medida de la Humedad del Suelo, Control de Calidad de las Prácticas y Procedimientos de Observación, Técnica de Muestreo de las Variables de Superficie, Observación de Nubes, Técnica con Globos Meteorológicos, Localización de fuentes de Parásitos Atmosféricos, Técnica de Radio Sondeo, Viento en Altitud, Visibilidad, Evaporación, etc.

1.2. ELEMENTOS DE UNA ESTACIÓN AUTOMÁTICA

1.2.1. Estructura General

Todas las estaciones meteorológicas automáticas están dotadas de un conjunto de sensores conectados con un sistema de interrogación, con un sistema de acondicionamiento de señales y con un sistema de transmisión y/o registro. La posición del sistema de acondicionamiento de señales dentro de la estructura debe ser objeto de un estudio minucioso, pero depende de los datos de los sensores se van a procesar en la misma estación meteorológica automática o en algún centro de concentración de datos. En el primer caso, se limita el volumen de datos transmitidos pero se necesita un sistema de proceso de datos en cada estación situada en lugares alejados. En el segundo caso, puede ser necesario una mayor anchura de banda de comunicaciones, así como un ordenador central más rápido y de mayor capacidad, y en consecuencia una programación de ordenador más compleja. Aunque se han puesto en servicio estaciones meteorológicas automáticas sin necesidad de recurrir a calculadoras o microordenadores, puede ser necesario que sus productos vengan cifrados directamente en una clave meteorológica adecuada, debiendo disponerse entonces de un calculador controlado por programa en algún punto del sistema que ello constituye por lo general la única solución viable. Al considerar este punto cabe recordar que la obtención y adecuada comprobación de la programación lógica son muy costosas. Es muy corriente que los costos de esa programación se subestimen en una porción de tres o cuatro veces su costo real, a la par que las dificultades y costos de la adecuada comprobación de viabilidad de la citada programación se subestimen diez veces por debajo del costo real.

1.2.2. Sensores

Las demandas de sensores formuladas por los servicios meteorológicos con miras a su utilización en estaciones automáticas no son muy distintas de las formuladas para fines clásicos. Estos instrumentos deben ser robustos y no deben tener ninguna desviación intrínseca o ambigüedad en el modo de hacer el muestreo de la variable que se mide. La finalidad deseable es, en general, tratar de conseguir cierto grado de homogeneidad entre los sensores empleados en las estaciones automáticas y los de las estaciones tradicionales con cuyos datos se van a combinar los procedentes de las estaciones automáticas.

Por otra parte, la normalización del instrumental es una cuestión muy importante dado que para la medida de una misma variable meteorológica pueden encontrarse en el mercado diferentes tipos de instrumentos que pueden diferenciarse en sus constantes de tiempo y en su precisión. El instrumental de las estaciones debe estar aprobado y normalizado por los Servicios Meteorológicos y, en general, son estas entidades las que suministran los instrumentos de observación, con lo que se garantiza la uniformidad.

Las variables más comunes que se miden en una estación meteorológica incluyen: Presión atmosférica, velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, humedad, precipitación, insolación y radiación.

1.2.3. Tecnologías para EMA´s recomendados por la DMC

Según la DMC, los equipos se dividen en convencionales y electrónicos. Para el caso en estudio se verán los equipos electrónicos:

Figura 1.1: *PIRANÓMETRO RADIACIÓN SOLAR GLOBAL.-*

Instrumento que mide la radiación solar (radiación global) recibida desde todo el hemisferio celeste sobre una superficie horizontal terrestre. El principio de funcionamiento de este instrumento es a través de termocuplas, las cuales al calentarse producto de la radiación del sol, emiten una pequeña f.e.m. (tensión o mili voltaje) pudiendo ser medidas por algún otro instrumento (integrador o Datalogger). Para obtener la potencia en [Wm^{-2}], se multiplica la tensión entregada por el piranómetro por una constante del instrumento.

Figura 1.2: *PIRANÓMETRO RADIACIÓN SOLAR REFLEJADA.-*

Instrumento que mide la radiación solar reflejada por la superficie terrestre, tiene el mismo principio de funcionamiento del piranómetro de radiación solar global (*Figura 1.1*).

Figura 1.3: *PIRANÓMETRO RADIACIÓN SOLAR DIFUSA.-*

Instrumento que mide la radiación que llega a la tierra de manera indirecta. Su principio de funcionamiento es idéntico al piranómetro de radiación solar global (*Figura 1.1*).

Figura 1.4: *PIRHELIÓMETRO ÁNGSTROM.-*

Este instrumento se utiliza para la medición de la radiación solar directa expresada en unidades de [Wm^{-2}], siendo necesario que esté constantemente orientado hacia el sol. Para su funcionamiento debe estar conectado a una unidad de control auxiliar para poder determinar mediante cálculo la potencia que es recibida desde el sol. Su importancia radica en que mediante este instrumento es posible realizar la calibración de otros instrumentos de radiación solar.

Figura 1.5: *RADIÓMETRO U.V.-*

Instrumento que se utiliza para medir la radiación ultravioleta recibida desde todo el hemisferio celeste sobre una superficie horizontal terrestre en un rango espectral de 280 a 320 [nm]. Su utilización es importante ya que en estos momentos los datos entregados por este instrumento son utilizados en el estudio del deterioro de la capa de ozono. La potencia en MWm^{-2}, es calculada en forma similar a la utilizada por el piranómetro.

Figura 1.6: *VELETA Y ANEMÓMETRO.-*

Utilizados en estaciones automáticas o como sistemas independientes, su funcionamiento está diseñado en base a circuitos electrónicos. Indica dirección y velocidad del viento.

Figura 1.7: *INDICADOR PARA SISTEMAS DE VIENTO.-*

Existen varios modelos de indicadores para visualizar los datos entregados por los sistemas de viento (veleta y anemómetro). Los datos entre el indicador y los sensores se transfieren mediante protocolos de comunicación y son decodificados y mostrados en los diferentes caracteres que tiene el indicador.

Figura 1.8: *NEFOBASÍMETRO.-*

Instrumento de principio electrónico que se utiliza para medir la altura de la base nubosa. Su funcionamiento consiste en el envío de un pulso laser dirigido hacia la parte inferior (techo) de las nubes, una vez que el techo ha sido detectado, el rayo es devuelto nuevamente hacia el instrumento, el equipo calcula el tiempo en que demora en regresar el pulso y mediante el empleo de electrónica avanzada, calcula y determina la altura a la cual se encuentra la base nubosa. Este ciclo de mediciones es repetido continuamente. La unidad de medida entregada por este moderno instrumento es metros [m] o pies [ft].

Figura 1.9: *TRANSMISÓMETRO.-*

RVR es una abreviatura aprobada por la OACI y significa "alcance visual en la pista". Es la distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que identifican su eje. Para realizar este cálculo se utilizan dos transmisómetros, alineados uno frente al otro y separados por una línea base de 75 metros. Su funcionamiento se basa en el destello de una lámpara de xenón de uno de los transmisómetros, la cual es captada por el otro instrumento (receptor) con mayor o menor intensidad, dependiendo de las condiciones de transparencia del aire.

Figura 1.10: *DATALOGGER.-*

Es una especie de estación automática, que se utiliza básicamente para recolectar diferentes tipos de datos.

Figura 1.11: *ESTACIÓN AUTOMÁTICA.-*

Es un sistema que mediante diversos sensores capta los parámetros meteorológicos, siendo estas señales procesados por la estación en forma automática a través del empleo de electrónica de avanzada (microprocesadores), posteriormente, la información es transmitida a un usuario remoto. Los parámetros meteorológicos que generalmente miden estos sistemas, entre otros, son: temperatura y humedad del aire, presión atmosférica, precipitación, radiación solar, velocidad y dirección del viento. Las ventajas de estos sistemas es que pueden ser instalados en lugares aislados sin tener necesidad de contar con personal para que realice las observaciones, además, poseen habitualmente paneles solares y baterías de respaldo lo que posibilita largos periodos de funcionamiento sin atención permanente.

Figura 1.12: *RADIOSONDA.-*

Elemento llevado a la atmósfera a través de un globo inflado por hidrógeno u otro gas liviano. Está provisto de dispositivos (sensores) que permiten determinar uno o varios parámetros meteorológicos (presión, temperatura, humedad y viento) y que, además, cuenta con un sistema de transmisión a un equipo ubicado en tierra.

1.3. LABORATORIO ENERGÍA SOLAR Y ENERGÍAS RENOVABLES UTFSM

1.3.1. Historia

El laboratorio de Energía Solar, ubicado en la torre de Casa Central de la Universidad Técnica Federico Santa María, es creado por iniciativa del profesor Julio Hirshmann Recht en 1960, donde contó con una superficie disponible de aproximadamente 800 [m^2]. Este profesor de la facultad de mecánica de ese entonces, había establecido contacto originalmente con el investigador Charles Abbot, quien al interior de Antofagasta había llevado a cabo mediciones de radiación solar desde 1920 a 1945 con el apoyo de la Smithonian Institute. Otros registros se iniciaron en 1957 en el pueblo de Baquedano en el desierto de Atacama por Francois Desvignes y Germán Frick.

En 1965, el laboratorio ya constaba con 24 instrumentos de mediciones solares y atmosféricas siendo considerado como el mejor montado del país. Desde ese mismo año el archivo nacional de datos solarimétricos se encuentra en la Universidad y a él colaboran la oficina meteorológica, la empresa nacional de electricidad y el ministerio de obras públicas, principalmente. En la actualidad se reciben datos de 89 estaciones con piranógrafos y 113 con heliógrafos distribuidos a lo largo del país. En el laboratorio se encuentra el pirheliómetro Eppley Angstrom de compensación, considerado como patrón nacional.

Por razones de salud el profesor Hirshmann deja la dirección del laboratorio en 1978, asumiendo el profesor Adolfo Arata desde ese año hasta el año 1989. La actual dirección es asumida en 1990. Las principales actividades que este laboratorio ha llevado a cabo desde su creación han sido de investigación, docencia y extensión.

Desde su creación el énfasis del laboratorio ha sido puesto en las actividades de investigación, especialmente por los profesores de la Facultad de Mecánica, actualmente designado como Departamento de Ingeniería Mecánica. La mayor dedicación en sus inicios estuvo en el campo de calentamiento de agua por termosifón, junto a los destiladores solares y estudios sobre la radiación solar en el país. Posteriormente se han llevado a cabo investigaciones en sistemas de calentamiento de agua por circulación forzada, en sistemas de calentamiento de aire y acumulación de calor en grava, cocinas solares, colectores concentradores, superficies selectivas, deshidratadores solares, invernaderos, aplicaciones directas de la energía solar en edificios, refrigeración solar y sistemas combinados con bomba de calor. En estos temas, las realizaciones indistintamente han sido tanto experimentales como simulaciones teóricas con ayuda de computador.

La complementación del laboratorio con nuevos equipos e instrumentos es una aspiración permanente. En la medida que se disponga de nuevos recursos, ya sean internos o externos a la Universidad, esas aspiraciones podrán ser gradualmente satisfechas. El patrocinio de empresas privadas y el apoyo de otras Universidades y Colegios Profesionales han permitido llevar a cabo investigaciones en el campo de sistemas solares aplicados directamente a edificios, lo que actualmente se denomina como sistemas solares pasivos. Ellas se han ubicado en la Sede Viña del Mar de la Universidad, también conocido como Laboratorio de Energías Renovables (LER).

Desde marzo de 1992, el laboratorio se encuentra operando en la sede Viña del Mar de la Universidad, contando en la cercanía de Quilpué con más de 2000 [m^2] de superficie disponible. El equipamiento con que dispone el laboratorio en la actualidad, permite entregar apoyo a proyectos relevantes en el país, tanto en el campo de la energía en general, como la energía solar en particular. Entre estos podemos nombrar el convenio con la I. Municipalidad de la Florida y otros proyectos patrocinados por la Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

En general y según fuera inspirado por su creador, se espera que este laboratorio continúe entregando un sólido apoyo a todas las actividades relacionadas con el campo de la energía solar y meteorología.

Figura 1.13: *Fotografías Aéreas Laboratorio Energías Renovables, Viña del Mar.-*

Figura 1.14: *Fotografías de Algunos Equipos en Laboratorio de Energía Solar, Valparaíso.-*

1.3.2. Catastro Sensores Laboratorio de Energías Renovables

La visita realizada al laboratorio de energías renovable de la UTFSM ubicado en la sede de viña del Mar se dividió en dos partes. En primera instancia se realizó un recorrido guiado por las distintas instalaciones del laboratorio donde se mostraron las nuevas instalaciones de paneles fotovoltaicos instalados en el techo del galpón, con tres tipos de paneles para cada fase o línea. La conexión de estos paneles es tal que la corriente que circula por cada fase no exceda un límite que peligre los equipos. Para prevenir esto, el sistema cuenta con diferentes juegos de fusibles de modo que ante cualquier anomalía, se protejan los paneles y sistema en sí. Luego se paso al patio del laboratorio donde se presentaron los diferentes sistemas y equipos solares con que cuentan; paneles fotovoltaicos, paneles térmicos, desalinadores por condensación, etc. Finalmente se entró a la sala del laboratorio donde se presentaron los diferentes sensores con que cuenta el laboratorio: pirheliómetros, antiguos, desgastados y en reparación, se mostraron también los sistemas "Tracker" y algunos sistemas de almacenamientos de datos.

La segunda parte del laboratorio consistió en una reunión personal con el profesor encargado del laboratorio, en la cual se realizó un catastro de los diferentes sensores que posee el laboratorio que tengan directa relación con los equipos de medición mencionados anteriormente para una estación meteorológica automática. A continuación se presentan los equipos vistos:

Sensor de humedad y temperatura VAISALA:

Figura 1.15: *Sensor Humitter Humidity and Temperature Transmiter.-*

Sensor de Temperatura:

- Thermometer TM-914C rango -40/1200°C de dos canales.
- Thermometer Voltcraft K204 Datalogger rango -200/1370°C de cuatro canales.
- Digital Thermometer Fluke 52 [K/J].
- Carretes de tipo K y tipo S como sensores.

Sensor de presión atmosférica:

Figura 1.16: *Pressure transmitter Vaisala, Modelo PTB 101B.-*

Sensor de radiación:

Dentro de los sensores de radiación tenemos los termoelementos:

- 4 x piranómetro Kipp and Zonen Holland CM5.
- Piranómetro Kipp and Zonen Holland CM3.
- Piranómetro Kipp and Zonen Holland CM10 con base metálica.
- Piranómetro Kipp and Zonen Holland CM10 con base plástica.
- 2 x Piranómetro Eppley PSP (Americano).
- Piranómetro con celdas de silicio.
- Piranómetro con celdas de silicio Hollys.
- Pirheliómetro patrón Hamstrong Marca Kipp and Zonen.

Además se cuenta con un piranómetro con fotodiodo, es decir, no es termoelemento y con un radiómetro y dos sistemas Tracker, uno de ellos marca Roth automatizado.

Figura 1.17: *Fotos de distintos piranómetros del laboratorio.-*

Figura 1.18: *Trackers de laboratorio. Imagen derecha Tracker automatizado.-*

Tester:

- 2 x Tester 26 DM-341 con dos decimales (10 [A]).
- Tester Volcraft de un decimal (20 [A]).

Ejemplo de instalación y ensamblaje de equipos: conexión de piranómetro, pirheliómetro, y termocuplas con adquisidor de datos, computador, tracker, entre otros.

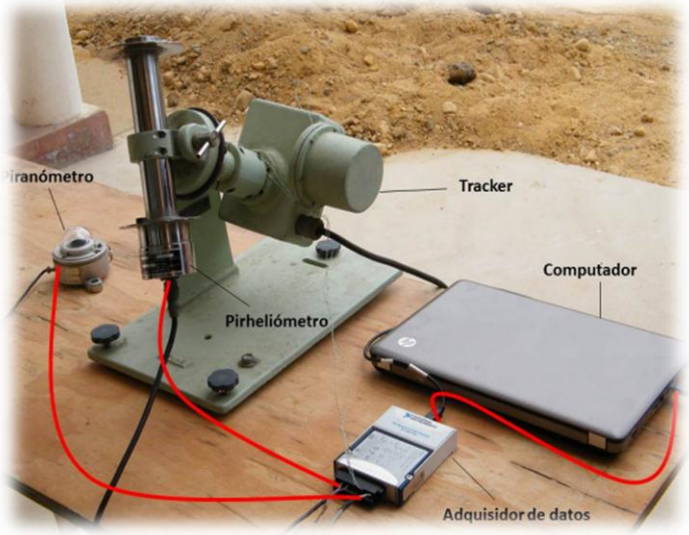


Figura 1.19: *Instalación y ensamblaje de equipos.-*

Lo anterior solo es una parte de los equipos con que se disponen en el laboratorio, los cuales son similares a los equipos requeridos en una estación meteorológica automática.

1.4. EJEMPLOS ESTACIONES AUTOMÁTICAS EN SANTIAGO

1.4.1. Agromet

Más de 100 estaciones meteorológicas integradas a lo largo de Chile. Estación en Santiago: La platina, La Pintana http://agromet.inia.cl/index.php

Variables:

- Dirección del viento
- Humedad relativa
- Precipitación acumulada
- Presión
- Radiación Solar
- Temperatura del aire
- Temperatura del aire máxima ABS
- Temperatura del aire mínima ABS
- Temperatura suelo 10cm
- Temperatura suelo 10cm máxima ABS
- Temperatura suelo 10cm mínima ABS
- Temperatura de superficie
- Temperatura de superficie máxima ABS
- Temperatura de superficie mínima ABS
- Velocidad del viento
- Ráfaga

Figura 1.20: *Variables medidas de estación La Platina.-*

1.4.2. Estación meteorológica USACH

Ubicada al interior del campus USACH en Av. Libertador Bernardo O`Higgins 3363, Santiago.

http://ambiente.usach.cl/meteo/

Variables:

- Dirección del viento
- Humedad relativa
- Presión
- Radiación Solar
- Temperatura ambiental
- Velocidad del viento
- Precipitación

Temperatura Ambiental:	27,41	(C)	**Humedad relativa:**	35,49	(%)
Velocidad del viento:	0,32	(m/s)	**Dirección del viento:**		(°)
Presión:	961,00	(mb)	**Radiación solar:**	344,9	(W/m²)
Precipitación últimos 15 min.:	0,00	(mm)			

Figura 1.21: *Variables medidas de estación automática USACH.-*

Figura 1.22: *Fotos de estación automática USACH.-*

1.5. SELECCIÓN DE VARIABLES A MEDIR PARA EMA

Las características de funcionamiento que se exigen de una estación Meteorológica Automática y las funciones que realiza dependen del empleo que se va a hacer de los datos. Para el caso en estudio, los datos que se pretenden obtener con la instalación de la EMA en el Campus San Joaquín de la Universidad Técnica Federico Santa María, tienen como principal objetivo aportar en el desarrollo docente y tecnológico de la institución, es decir, principalmente se enfoca a fines docentes e investigativos. Sin embargo, también existe la posibilidad de aportar con datos certificados a los Servicios Meteorológicos Normalizados. Los Servicios Meteorológicos Normalizados son informes climatológicos estandarizados con data meteorológica como:

- Las normales meteorológicas diarias, mensuales o anuales.
- Los datos diarios, mensuales o anuales de precipitación, temperatura media, temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, presión atmosférica, dirección predominante y rapidez media del viento, viento máximo, horas de sol, radiación solar, cobertura de nubosidad, informes de condiciones meteorológicas acontecidas durante un día y en un lugar determinado.
- Datos codificados y datos descodificados correspondientes a una o varias localidades o zonas geográficas.
- Preparación de documentos oficiales donde se certifica que en los archivos de la Dirección Meteorológica constan los valores de los elementos meteorológicos que se midieron o registraron en un día y lugar determinado.

Como se mencionó anteriormente, los principales objetivos o motivaciones de la instalación de la EMA es prestar apoyo al área docente de la universidad, facilitando la realización de algunas experiencias de laboratorio que se deben realizar hoy en día en otras sedes, alimentando el conocimiento para futuras generaciones de estudiantes, y contribuyendo con el crecimiento tecnológico de la sede. Como motivación secundaria se espera contribuir con base de datos meteorológicos o la Dirección Meteorológica de Chile, para sus estudios o predicciones climática, así como también aportar en los Servicios Meteorológicos Normalizados con datos diarios. Es por esto que se determinan las variables básicas y más comunes de medición, dejando la posibilidad de capacidad del sistema para a futuro poder conectar nuevos sensores de ser necesarios.

Finalmente las variables a medir son: Temperatura Ambiente, Humedad Relativa, Precipitación, Presión Barométrica, Radiación Solar Global, Velocidad del Viento y Dirección del Viento.

CAPÍTULO 2: SELECCIÓN DE EQUIPOS

2.1. INTRODUCCIÓN

En este subcapítulo del estudio, se verán las distintas opciones de tecnologías existentes en el mercado principalmente enfocado en aquellas distribuidas en Chile por la empresa Tecnología Omega Limitada y obviamente basándose en las variables que se pretenden medir determinadas anteriormente. Tecnología Omega Limitada es una empresa dedicada a la preventa, venta y soporte técnico de instrumental científico en Chile. Luego se entregará información de los precios de los equipos en estudio para finalmente tomar una decisión en base a costos de las tecnologías a implementar para la Estación Meteorológica Automática.

2.2. PROVEEDORES

2.2.1. Alternativas de Proveedores en Chile

A continuación se hará una breve descripción de los proveedores más representativos del mercado en Chile, equipos cuyas tecnologías son distribuidas en el país por la institución Tecnología Omega Limitada.

- Campbell Scientific:

Fabricante de Dataloggers, almacenadores de datos autónomos, equipos para medición y control. Presenta equipos flexibles, versátiles, ampliables y abiertos para aceptar sensores de otras marcas. Los Datalogger Campbell aun son el estándar para meteorología. Son confiables, y como todos los almacenadores Campbell tiene 3 años de garantía. Son los equipos usados por el CENMA (Centro Nacional del Medio Ambiente, dependiente de CONAMA en colaboración con JICA) que dispone de 24 Dataloggers en la Región Metropolitana. Es la marca elegida por empresas mineras e institutos de investigación. Algunos de los sensores que pueden incorporarse a un Datalogger Campbell miden: temperatura y humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión barométrica, precipitación, radiación solar (global, neta, UV., horas sol), nivel de nieve, nivel de agua, temperatura de agua, suelo y aire, contenido volumétrico de agua del suelo, flujo de calor del suelo, humedad del suelo, calidad del agua (PH, conductividad, turbidez,

nivel, flujo), visibilidad y campo eléctrico para detección de tormentas eléctricas. Los Dataloggers de Campbell tienen diversas formas para almacenaje y comunicación de datos. Almacenan en memoria propia hasta un millón de datos, o más con tarjetas o módulos de almacenaje adicional. Comunican los datos a un computador vía cable, interface RS232, portátiles tipo PALM, línea telefónica común, celular, caja propia (SRM5A), radio amplio espectro, radio UHF, radio VHF o satélite. Los Dataloggers se energizan con corriente 220 [V] y/o batería 12 [V] recargable con panel solar. Se instalan en torres, trípodes o antenas telescópicas.

- Weather Hawk:

La estación meteorológica WeatherHawk esta pensada para facilitar la instalación y manejo por parte de clientes, consumidores, educadores, estudiantes y administradores de recursos. La WeatherHawk es ideal para uso que no requieren estaciones de nivel científico. Viene programada para entregar datos meteorológicos en forma simple, amistosa, incluyendo el cálculo de Eto (evapotranspiración) que se asocia con el manejo de riego de áreas verdes.

La estación meteorológica WeatherHawk incluye el programa Virtual Weather Station, que es compatible con el lenguaje de Internet. Viene totalmente ensamblada, incluye los sensores meteorológicos y una caja protectora que contiene el microprocesador, batería recargable y una radio transmisora-receptora de amplio espectro. La batería se recarga vía corriente alterna (220 [V]) o con un panel solar de 1,6 [W]. La estación y el panel solar deben instalarse en un tubo o mástil. El micro-procesador de la estación mide automáticamente los sensores, luego guarda los datos en un almacenador de datos antes de transmitir los datos a un computador remoto. Se incluye una radio amplio espectro modelo RF400 de Campbell Scientific para conectar el computador y de esta forma recibir los datos de la estación en terreno. El alcance de esta radio es 800 metros.

- Kipp & Zonen:

Kipp & Zonen, es una empresa especializada en la medición de radiación solar. Fabrica sensores de radiación solar neta, global, infrarroja, UV A, UV B, luminosidad y duración horas sol. Tiene un equipo de medición de perfiles de temperatura 0 a 600 metros vía microonda que sirve para detectar inversión de temperatura, relevante problema ambiental. Para medición de efectos de ozono, SO2 y radiación UV, según OMM, Kipp & Zonen ha vendido cerca de 200 espectrofotómetros Brewer. Estos equipos apoyan la investigación y toma de decisiones ambientales.

Instrumentos solares: Completa gama de instrumentos de alta calidad para la medición de cada parte del espectro solar, desde el ultravioleta hasta el infrarrojo. Ciencia atmosférica: Sofisticados instrumentos para la medición de parámetros atmosféricos específicos tales como el ozono estratosférico, los espectros UV y la evapotranspiración. Mantenimiento y Calibración: Kipp & Zonen está certificada con la norma ISO 9001: 2008.

Kipp & Zonen está certificada con la norma ISO 9001: 2008. Sus instrumentos certificados son atendidos en las normas de calidad ISO y sus calibraciones son trazables al estándar mundial.

- R.M. Young:

Instrumentos para medición de velocidad y dirección del viento. Para empresas mineras en altura y fuertes ráfagas de viento, siguiere el modelo 05103 Standard; es un equipo más resistente. Para aplicaciones ambientales recomienda el modelo 05305 Air Quality; que cumple con normas EPA de precisión. Para la agricultura, el modelo adecuado es el 03002 Wind Sentry Wind Set, que es un modelo más simple. Para medir en terreno con indicador digital, sugiere considere el equipo indicador 18806H y el trípode portátil de 3 [m] modelo 18940.

2.2.2. Selección de Proveedor

Como se puede ver anteriormente y a modo de resumen, se tiene una breve descripción de cuatro proveedores distintos para las tecnologías a implementar en la estación de monitoreo que se pretende instalar en la Universidad. En primer lugar tenemos Campbell Scientific que se especializa en la fabricación de almacenadores de datos o Datalogger, los cuales presentan la ventaja muy importante de aceptar sensores de otras marcas. También tenemos la tecnología Weather Hawk, que entrega estaciones completas con fines no científicos. Luego tenemos las tecnologías Kipp & Zonen que básicamente son equipos para la medición de variables relacionadas a la radiación, UV y luminosidad; además tienen su propio almacenador de datos. Finalmente R.M. Young se especializa en sensores de velocidad y dirección de viento.

Se selecciona como tecnología predominante los equipos Campbell Scientific por su amplia utilización en estaciones de monitoreo, también por ser marca registrada y recomendada por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) el cual cuenta con una red de estaciones de monitoreo a lo largo de todo el país, y por ser la marca cuyos equipos son material para informes meteorológicos certificados y documentos de estudios científicos internacionales.

2.3. OPCIONES DE TECNOLOGÍAS

Las siguientes tecnologías son posibles de encontrar en la página oficial de Campbell Scientific junto con sus respectivos manuales. En Anexos, se mencionará una pequeña descripción de cada equipo según información disponible en la página de internet: http://www.campbellsci.com/products. Además se hará entrega de documento adjunto al informe con folletos y manuales de cada equipo o estructura seleccionada.

- Dataloggers:

Para ver breve reseña de equipos ir a apartado **ANEXO 1: Dataloggers Campbell Scientific** y **ANEXO 2: Imágenes Dataloggers Campbell Scientific.** Los Datalogger en estudio son los siguientes:

Equipo	Marca	Modelo
Datalogger	Campbell Scientific	CR300
Datalogger	Campbell Scientific	CR200X
Datalogger	Campbell Scientific	CR800
Datalogger	Campbell Scientific	CR1000
Datalogger	Campbell Scientific	CR3000-RC
Datalogger	Campbell Scientific	CR6

Tabla 2.1: *Opciones de Dataloggers Campbell Scientific.-*

- Reguladores de Carga:

Para ver breve reseña de equipos ir a apartado **ANEXO 3: Reguladores de Carga Campbell Scientific** y **ANEXO 4: Imágenes Reguladores de Carga Campbell Scientific.** Los reguladores de Carga en estudio son los siguientes:

Equipo	Marca	Modelo
Regulador de Carga	Campbell Scientific	PS150
Regulador de Carga	Campbell Scientific	PS200

Tabla 2.2: *Opciones de Reguladores de Carga Campbell Scientific.-*

- Fuente de Carga:

Para ver breve reseña de equipos ir a apartado **ANEXO 5: Fuentes de Carga Campbell Scientific** y **ANEXO 6: Imágenes Fuentes de Carga Campbell Scientific.** Las fuentes de carga en estudio son las siguientes:

Equipo	Marca	Modelo
Fuente de Carga	Campbell Scientific	SP50-L
Fuente de Carga	Campbell Scientific	SP20
Fuente de Carga	Campbell Scientific	SP20R-L
Fuente de Carga	Campbell Scientific	SP10

Tabla 2.3: *Opciones de Fuentes de Carga Campbell Scientific.-*

- Sensores:

Para ver breve reseña de equipos ir a apartado **ANEXO 7: Sensores** y **ANEXO 8: Imágenes Sensores.** Los sensores en estudio, todos compatibles con los Dataloggers Campebell, son los siguientes:

Equipo	Tipo	Marca	Modelo
Sensor	Temperatura y Humedad	Campbell Scientific	CS215-L
Sensor	Temperatura y Humedad	Robotronic	HC2S3
Sensor	Temperatura y Humedad	Vaisala	HMP155A-L
Sensor	Temperatura y Humedad	Vaisala	HMP60-L11
Sensor	Presión Barométrica	Setra	CS100
Sensor	Presión Barométrica	Vaisala	CS106
Sensor	Presión Barométrica	MetOne	092-L
Sensor	Precipitación	Texas Electronics	TE525-L
Sensor	Precipitación	Texas Electronics	TE525MM-L25
Sensor	Precipitación	EML	ARG100
Sensor	Radiación (con soporte y base)	Campbell Scientific	CS300
Sensor	Radiación	Campbell Scientific	LP02
Sensor	Radiación (con soporte y base)	LI-COR	LI200X-L34
Sensor	Radiación	Campbell Scientific	CMP3
Sensor	Radiación	Campbell Scientific	CMP6
Sensor	Velocidad y Dirección Viento	RM Young	03002
Sensor	Velocidad y Dirección Viento	RM Young	05103

Tabla 2.4: *Opciones de Sensores para EMA.-*

- Estructuras:

Para ver breve reseña de equipos ir a apartado **ANEXO 9: Estrucutas** y **ANEXO 10: Imágenes Estructuras.** Los estructuras en estudio son las siguientes (las estructuras mostradas a continuacion son las disponibles en Campbell Scientific, más adelante se presentará una propuesta adicional para estructura de SEGURIEQUIP):

Estructura	Marca	Modelo
Trípode	Campbell Scientific	CM10/2
Trípode	Campbell Scientific	CM10/3
Brazo 1,2 m	Campbell Scientific	CM204
Soporte Sensor Solar	Campbell Scientific	CM225
Base con nivel para Sensor Solar	Campbell Scientific	18356
Caja Protectora de 12"x14"	Campbell Scientific	NEMA4
Gabinete	Campbell Scientific	ENC12/14

Tabla 2.5: *Estructuras para EMA.-*

2.4. COTIZACIÓN TECNOLOGÍAS

A continuación se entregan los datos de costos de adquisición de Dataloggers Campbell, reguladores de carga Campbell, fuentes de carga Campbell, sensores de temperatura y humedad del aire, sensores de presión barométrica, sensores de precipitación, sensores de radiación, sensores de velocidad y dirección del viento, más las estructuras necesarias para la instalación de la EMA. En la ***Tabla 6: Detalle de Equipos en Estudio y Costos de Adquisición*** podemos ver detalles de costos de adquisición de equipos y estructuras con su valor en USD IVA incluido y su conversión a pesos Chilenos según valor del dólar emitido por el Banco Central a la fecha 03-11-2016:

$$Valor\ USD\ (Fecha\ 03/11) = \$653.55$$

La información detallada en la tabla fue facilitada por don Alejandro Cordero, ex estudiante de la Universidad Técnica Federico Santa María, quien colaboró con el profesor Rafael Bolocco para la instalación de sensores en la torre de la sede de Valparaíso y que ahora trabaja en Tecnología Omega Limitada, y don Boris Friedman, gerente de Tecnología Omega Limitada, quien facilitó para respaldar información, detalle de cotización de equipos Campbell emitida por Tecnología Omega a INIA (ver ***ANEXO 11: Cotización Tecnología Omega Limitada a INIA para EMA***) .

Esta cotización facilitada es de mucha utilidad ya que la estación que se pretende implementar para la Universidad es muy similar a las estaciones pertenecientes a la red de monitoreo meteorológico de la INIA (dejando afuera algunos sensores como temperatura de superficie y en profundidad), es decir, se puede tener una referencia muy aproximada del costo total de adquisición de equipos. A continuación se presentan los precios de las tecnologías en estudio. Los montos incluyen IVA y costos de envío.

Equipo	Modelo	Precio USD+IVA	Precio $
Datalogger	CR300	USD 854	$ 558.132
Datalogger	CR200X	USD 713	$ 465.981
Datalogger	CR800	USD 1.634	$ 1.067.901
Datalogger	CR1000	USD 2.220	$ 1.450.881
Datalogger	CR3000-RC	USD 5.086	$ 3.323.955
Datalogger	CR6	USD 2.800	$ 1.829.940
Regulador de Carga	PS150	USD 408	$ 266.648
Regulador de Carga	PS200	USD 557	$ 364.027
Fuente de Carga	SP50-L11	USD 945	$ 617.605
Fuente de Carga	SP20	USD 549	$ 358.799
Fuente de Carga	SP20R-L11	USD 1.143	$ 747.008
Fuente de Carga	SP10	USD 275	$ 179.726
Temperatura y Humedad	CS215-L	USD 450	$ 294.098
Temperatura y Humedad	HC2S3-L11	USD 722	$ 471.863
Temperatura y Humedad	HMP155A-L	USD 1.089	$ 711.716
Temperatura y Humedad	HMP60-L11	USD 515	$ 336.578
Presión Barométrica	CS100	USD 891	$ 582.313
Presión Barométrica	CS106	USD 950	$ 620.873
Presión Barométrica	092-L11	USD 1.076	$ 703.220
Precipitación	TE525-L25	USD 567	$ 370.563
Precipitación	TE525MM-L25	USD 604	$ 394.744
Radiación	CS300-L34	USD 591	$ 385.595
Radiación	LP02-L34	USD 1.397	$ 913.009
Radiación	LI200R-L34	USD 907	$ 515.651
Radiación	CMP3-L34	USD 1.779	$ 1.162.665
Radiación	CMP6-L34	USD 3.382	$ 2.210.306
Velocidad y Dirección Viento	03002-L34	USD 1.040	$ 691.456
Velocidad y Dirección Viento	05103-L34	USD 1.582	$ 1.471.141
Trípode	CM110	USD 2.500	$ 1.633.875
Brazo 1,2 m	CM204	USD 131	$ 85.615
Soporte Sensor Solar	CM225	USD 45	$ 29.410
Gabinete	ENC12/14	USD 453	$ 296.058
Ángulo para Anemoveleta	CM220	USD 45	$ 29.410
Tubo soporte Anemoveleta	3659	USD 27	$ 17.646
Multiplexer	AM1632B	USD 839	$ 548.328
Resistencia 100 Ohm	CURS100	USD 48	$ 31.370

Tabla 2.6: *Detalle de Equipos en Estudio y Costos de Adquisición.-*

También se consultó a la empresa SEGURIEQUIP por un costo de instalación de estructuras, a fin de tener una segunda propuesta de costos para este ítem. Los detalles están disponibles en ***ANEXO 12: Cotización "SEGURIEQUIP" para Estructura***, y arrojan un total de $4.305.000 lo que considera trípode de acero galvanizado, brazos, pararrayos, sistema de conexión a tierra para proteger los equipos de sobrecargas, más las obras relacionadas a la instalación. Si comparamos este precio con los valores detallados en la tabla 6 de tecnología Campbell podemos ver que la diferencia es muy alta, por esta razón, se descarta la alternativa de SEGURIEQUIP como servicio de instalación de estructura.

Finalmente se debe mencionar también que los Dataloggers detallados no incluyen un programa para ordenadores, es decir, este debe ser incluido en los costos de adquisición de tecnologías. Existen los programas PC400 y Loggernet, el primero no cuenta con rescate automático, mientras que el segundo cuenta con monitoreo en tiempo real y rescate automático. Por lo anterior se escoge el programa Loggernet para ser utilizado en la estación. Según información entregada por Tecnología Omega Limitada, este programa tiene un valor comercial de USD 913 IVA incluido.

2.5. ALTERNATIVAS DE EQUIPOS

A continuación se presentan 2 opciones o alternativas para el diseño de la estación meteorológica. Ambas alternativas disponen de los mismos sensores y sistema de carga. Los equipos que se seleccionaron fueron escogidos atendiendo a una ponderación de calidad y precio, es decir, que cumplan con condiciones mínimas de resolución, capacidad, rango, vida útil, garantía, etc. y que sean de un precio medianamente accesible. Por ejemplo se seleccionó el barómetro CS106 por sobre el CS100 porque este último tiene un menor rango de medición, o la anemoveleta 03002 por sobre la 05103 ya que esta última duplica el valor comercial de la 03002 y está diseñada para condiciones meteorológicas adversas (por ejemplo condiciones de alta montaña). El piranómetro CS300, pluviómetro TE525MM y el sensor de Temperatura y Humedad HMP60 fueron escogidos por cumplir con las condiciones mencionadas anteriormente de relación calidad/precio. La primera alternativa detalla los equipos y estructuras necesarias para un EMA completa en cuanto a estructuras, sensores y Datalogger CR1000, mientras que la segunda alternativa no considera costos de estructuras (en este caso se deben comprar los materiales para armar la torre) y cambia el Datalogger CR1000 por el CR300. El Datalogger CR300 tiene capacidad inferior que el CR1000 pero suficiente para los sensores seleccionados, posee una mayor memoria interna, tiene regulador de carga incorporado, y el precio final es casi un tercio del CR1000 con el regulador de carga PS150.

Opción 1:

Equipo	Modelo	Precio USD+IVA	Precio $
Datalogger	CR1000	USD 2.220	$ 1.450.881
Regulador de Carga	PS150	USD 408	$ 266.648
Fuente de Carga	SP10	USD 275	$ 179.726
Temperatura y Humedad	HMP60-L11	USD 515	$ 336.578
Presión Barométrica	CS106	USD 950	$ 620.873
Precipitación	TE525MM-L25	USD 604	$ 394.744
Radiación	CS300-L34	USD 591	$ 385.595
Velocidad y Dirección Viento	03002-L34	USD 1.040	$ 691.456
Trípode	CM110	USD 2.500	$ 1.633.875
Brazo 1,2 m	CM204	USD 131	$ 85.615
Gabinete	ENC12/14	USD 453	$ 296.058
Ángulo para Anemoveleta	CM220	USD 45	$ 29.410
Tubo soporte Anemoveleta	3659	USD 27	$ 17.646
Vara para Pluviómetro	CM300	USD 74	$ 48.363
Panel Protector para HMP60	41303-5	USD 178	$ 116.332
Programa Loggernet	LogherNet	USD 913	$ 596.691
Total		**USD 10.942**	**$ 7.151.144**

Tabla 2.7: *Detalle de Equipos y costos total de adquisición para Opción 1.-*

Opción 2:

Equipo	Modelo	Precio USD+IVA	Precio $
Datalogger	CR300	USD 854	$ 568.132
Fuente de Carga	SP10	USD 275	$ 179.726
Temperatura y Humedad	HMP60-L11	USD 515	$ 336.578
Presión Barométrica	CS106	USD 950	$ 620.873
Precipitación	TE525MM-L25	USD 604	$ 394.744
Radiación	CS300-L34	USD 591	$ 385.595
Velocidad y Dirección Viento	03002-L34	USD 1.040	$ 691.456
Gabinete	ENC12/14	USD 453	$ 296.058
Ángulo para Anemoveleta	CM220	USD 45	$ 29.410
Tubo soporte Anemoveleta	3659	USD 27	$ 17.646
Panel Protector para HMP60	41303-5	USD 178	$ 116.332
Programa Loggernet	LogherNet	USD 913	$ 596.691
Total		**USD 6.463**	**$ 4.233.894**

Tabla 2.8: *Detalle de Equipos y costos total de adquisición para Opción 2.-*

2.6. COSTOS OPERACIONALES

Los costos detallados anteriormente hacen referencia solo a los costos fijos, o costos de adquisición de equipos. Se debe considerar también un factor para cubrir los costos de mantenimiento, calibración de equipos y transmisión de la información.

Para la mantención y calibración de equipos, en reunión con don Gustavo Chacón, Ingeniero Informático de INIA, se analizó la posibilidad de un mutuo acuerdo de convenio donde se incorporaría la estación de monitoreo de la Universidad a la red de estaciones de la INIA y estos se harían cargo de la calibración de equipos en tres visitas anuales más una capacitación al personal que quede a cargo en la Universidad para el mantenimiento preventivo de la estación. Los costos operacionales que involucran mantenimiento, calibración, y transmisión de datos (modem más procesamiento de la información), según información de estaciones de INIA se pueden estimar como sigue:

$$Costos\ Operacionales\ por\ EMA = 0{,}75\ UF$$

$$Costo\ de\ Visistas\ y\ Calibración = \$\ 60.000$$

Como se pretende realizar tres visitas anuales, el costo haciende a $180.000 anual. De esta forma podemos obtener un estimado de costo operacional anual para la estación de monitoreo aparte del costo de adquisición de equipos. Para el cálculo se utilizó el valor de la UF a la fecha 07-11-2016:

$$UF\ (Fecha\ 07/11)\ = \$\ 26.276{,}75$$

Finalmente, se tiene que los costos anuales u operacionales de la estación meteorológica Automática que se pretende instalar en la Sede de San Joaquín de la Universidad Técnica Federico Santa María asciende a un total aproximado de $417.000.-

2.7. CONCLUSIÓN

En este capítulo del estudio se presentaron cuatro posibilidades de proveedores de equipos para estaciones de monitoreo basándose en aquellos distribuidos en Chile por la empresa "Tecnología Omega Limitada". Esto con el objetivo de minimizar los costos de envío y facilitar el proceso investigativo de equipos al ser una institución abierta y fácil de acceder a información determinante para la correcta toma de decisiones. Se selecciona la tecnología "Campbell Scientific" por su amplia utilización en estaciones de monitoreo, también por ser marca registrada y recomendada por el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) el cual cuenta con una red de estaciones de monitoreo a lo largo de todo el país, y por ser la marca cuyos equipos son material para informes meteorológicos certificados y documentos de estudios científicos internacionales.

Luego se presentaron distintas alternativas de registradores de datos, reguladores de carga, fuentes de energía o paneles fotovoltaicos, sensores y estructuras necesarias para el montaje de la estación. Las tecnologías propuestas fueron previamente seleccionadas según requisitos básicos de especificaciones técnicas como: Rango de medición, exactitud, precisión, sensibilidad, tipo de salida de señal, compatibilidad, tensión de alimentación, garantía y condiciones medio ambientales para el caso de los sensores (información técnica, folletos y manuales son entregados en archivo adjunto al informe). También se evaluó la capacidad de canales y transmisión de datos para el caso de los Dataloggers. Finalmente se entrega detalle de costos de adquisición (*Tabla 6: Detalle de Equipos en Estudio y Costos de Adquisición*) para agregar al estudio una relación de calidad y precio, es decir, ya teniendo los equipos que cumplen con los objetivos de calidad se procede a seleccionar según costos de adquisición. Une ejemplo de esto es la selección de la anemoveleta 03002 por sobre la 05103, ambas de RM Young. Los dos equipos cumplen con los objetivos y requisitos técnicos que garantizan su buena operación, sin embargo, el sensor 05103 es ampliamente más costoso ya que esta preparado para condiciones meteorológicas adversas y no comunes de la zona donde se quiere instalar la EMA.

Con las alternativas en mano más sus respectivos costos de adquisición, obtenidos de cotización enviada por don Boris Friedman gerente de Tecnología Omega, y visitas a don Alejandro Cordero, quien me entregó información de los equipos, se procede a generar dos alternativas de equipos para la instalación de la estación meteorológica automática. La primera opción considera los siguientes equipos:

1. Datalogger CR1000
2. Regulador de Carga PS150
3. Fuente de Carga SP10
4. Temperatura y Humedad del Aire HMP60
5. Panel Protector 41303-5
6. Barómetro CS106
7. Pluviómetro TE525MM
8. Vara Soporte Pluviómetro CR300
9. Piranómetro CS300
10. Anemoveleta 03002
11. Ángulo Anemoveleta CM220
12. Soporte Anemoveleta 3659
13. Trípode CM110
14. Cruceta CM204
15. Gabinete ENC12/14
16. Programa Loggernet

El costo total de adquisición de los equipos mencionados anteriormente, según cotización entregada por Tecnología Omega Limitada asciende a $7.151.000 aprox. con IVA y costos de envío incluido. Sin embargo se entrega una segunda opción, más económica, que no considera costos de estructuras (en este caso se deben comprar los materiales para armar la torre) dejando afuera el trípode CM110, cruceta CM204 y la vara soporte para el pluviómetro. Esto genera un ahorro de $ 1.768.000 aprox. Esta segunda alternativa también considera cambiar el Datalogger CR1000 por el CR300. El Datalogger CR300 tiene la capacidad de canales necesarias para aceptar todos los sensores que se quieren disponer, pero no deja espacio para poner nuevos sensores en el caso de que se quiera ampliar la estación a futuro. Una solución para esto es la compra de un Multiplexer AM1632B valorado en $549.000 aprox. Otra ventaja que presenta el registrador CR300 es que viene con regulador de carga incorporado, es decir, no se debe instalar el PS150 como sí es el caso para el registrador CR1000. El cambio de Datalogger genera un ahorro de $1.150.000 aprox. Finalmente la segunda opción de equipos y tecnologías para la instalación de la EMA tiene un costo aproximado de $4.234.000.

Finalmente, a partir de información de estaciones de monitoreo de INIA (información entregada por don Gustavo Chacón, asistente informático de INIA), se tiene que los costos anuales u operacionales de la estación meteorológica ascienden a un total aproximado de $417.000.

CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE SITIO

3.1. INTRODUCCIÓN

Para evaluar la influencia que el clima ejerce sobre un área en particular, el sitio en que se ubique la EMA deberá ser plenamente representativo de las condiciones de la zona para la cual se han de utilizar los datos. El sitio deberá representar el clima de un área tan extensa como sea posible. El mejor lugar para realizar las mediciones es un terreno despejado a la luz del sol y del viento, nivelado, cubierto con hierba corta o una superficie representativa de la zona, libre de obstáculos cercanos como árboles o edificios. Se deben evitar los lugares que estén sujetos a condiciones particulares como terrenos ubicados en un alto o en una depresión.

3.2. RECOMENDACIONES

A continuación se presenta una serie de recomendaciones basadas en la Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (OMM, 1996):

- La estación deberá instalarse en un terreno nivelado con dimensión de a lo menos 5x5 m, y de ser posible de 10x10 m. Deberá estar situado en el centro de un espacio de 50x50 m como mínimo. El suelo deberá estar cubierto con pasto corto o en defecto en un terreno representativo de la zona donde se realizarán las mediciones.
- El sitio deberá estar rodeado por un cercado que impida el ingreso de animales o personas no autorizadas, con una puerta de bisagra en el centro del costado sur de la instalación.
- No deberá estar ubicada en la parte baja de una depresión, ni en el sector de mayor altura. Si no se cumplen estas condiciones las observaciones pueden presentar peculiaridades de significación local.
- El sitio deberá estar fuera de la influencia de árboles, edificios, paredes u otras obstrucciones. La distancia entre cualquier obstáculo y el instrumento de medición del viento debe ser de al menos diez veces la altura del objeto natural o artificial que esté en las inmediaciones del sitio elegido.

- Si a la distancia existen obstáculos como árboles o edificios que obstruyen el horizonte significativamente, se deberá seleccionar un lugar alternativo con el fin de no afectar las mediciones de radiación solar, viento y/o temperatura.

3.3. OPCIONES DE SITIOS

Las condiciones del sector donde se planea instalar la estación de monitoreo, es decir, en el campus San Joaquín de la UTFSM no son las ideales. La OMM, entre sus recomendaciones, sugiere que la EMA sea ubicada en un sector fuera de la influencia de árboles o edificios que puedan obstruir la correcta representación de los datos tomados, en una zona de mínimo 50x50 metros, y donde el suelo este cubierto por hierba corta. Poder lograr cumplir con todos los requisitos se torna muy complicado dado la infraestructura del lugar. Por lo anterior, se continúa con el estudio de selección de sitios dejando de lado los lugares que estén a nivel de suelo, para así minimizar los efectos adversos que pueden provocar la cercanía a edificios o árboles. Finalmente, solo se revisarán opciones de sitios en los diferentes techos de la Universidad. Esto tiene como ventaja que la instalación de la estación se facilita ya que no sería necesario agregar una estructura de cercado que proteja los equipos de vandalismo o animales.

A continuación se muestra una imagen satelital del Campus San Joaquín de la UTFSM (imagen obtenida de Google Earth) donde se presentan cinco opciones de sitios para la instalación de la EMA:

Figura 3.1: *Imagen Satelital de Campus San Joaquín de la UTFSM.-*

Opción 1: Techo edificio Mecánica

Figura 3.2: *Fotografías techo edificio Mecánica.-*

Esta alternativa de lugar presenta la ventaja de encontrarse cercana al personal del departamento de mecánica, por ende facilitaría de algún modo las visitas de mantenimiento preventivo y también la toma de datos vía cable. Sin embargo, hacia el lado oriente del edificio existe una pared de 5 metros aproximadamente de altura (edificio F o techo de gimnasio). Si nos limitamos a las recomendaciones de la OMM, este muro debiese estar a 50 metros de la estación, cosa que no se cumple, por lo que las mediciones de radiación solar o velocidad y dirección del viento no serían representativas de la zona. Además no se cumple con la condición de estar en el centro de una zona de mínimo 50x50 metros. No se recomienda esta ubicación para la instalación de la EMA.

Opción 2: Techo edificio B

Figura 3.3: *Fotografías techo edificio B.-*

Esta alternativa de lugar presenta la ventaja de ser un lugar donde es posible ubicar la EMA en el centro de una zona de 50x50 metros. Sin embargo la irregularidad de la zona, donde podemos ver techos en relieves, puede alterar las mediciones de dirección y velocidad del viento. Además, al no ser un techo plano, peligra la estabilidad de la estación. No se recomienda esta alternativa para ubicar la EMA.

Opción 3: Techo edificio F

Figura 3.4: *Fotografías techo edificio F.-*

Esta alternativa presenta las ventajas de ser una zona de fácil acceso por lo que facilitaría la tarea de mantenimiento para el personal responsable. Además, al ser el edificio más alto dentro del establecimiento, no presenta obstáculos como paredes o árboles en la cercanía, es decir, cumple con la recomendación de ubicarse en el centro de una zona despejada de a lo menos 50x50 metros. También la superficie de este lugar es lisa, por lo que no alteraría la representatividad de las mediciones de dirección y velocidad del viento. Solo se debe tener precaución de ser ubicada al lado norte de la entrada que podemos ver en las imágenes, la cual pudiese generar sombra que altere las mediciones de radiación. Finalmente, se recomienda esta alternativa para la instalación de la estación de monitoreo ya que cumple con las condiciones o recomendaciones básicas presentadas en la Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (OMM, 1996).

Opción 4: Techo edificio A

Figura 3.5: *Fotografías techo edificio A.-*

Esta alternativa presenta las ventajas de ser una zona de fácil acceso por lo que facilitaría la tarea de mantenimiento para el personal responsable. En las imágenes podemos ver que hacia el lado norte de este lugar tenemos un muro de 8 metros aproximadamente. Según las recomendaciones, la estación debiese estar a un mínimo de 80 metros de distancia de este muro, cosa que sí se cumple si ubicamos la EMA en el centro de este techo o hacia el costado sur. La superficie es plana, y no presenta otros obstáculos al lado norte que pudiese alterar las mediciones de velocidad de viento, dirección de viento y radiación solar. Otro factor importante a mencionar es que en el centro de este techo tiene lugar un anemómetro más un pequeño panel solar, es decir, ya a sido escogido anteriormente para un proyecto similar lo que nos da un buen indicio como para escoger este sitio para la instalación de la estación de monitoreo. Además, bajo este lugar se encuentra muy cerca las oficinas de profesores, secretaría y salas de reuniones de profesores y empleados del departamento de mecánica, lo que pudiese facilitar la adquisición de datos vía cable. Finalmente, se recomienda esta alternativa para la instalación de la estación de monitoreo ya que cumple con las recomendaciones anteriormente mencionadas.

Opción 5: Techo salón Estudiantes

Figura 3.6: *Fotografía techo salón Estudiantes.-*

Este lugar no representa una zona ideal para la instalación de la estación de monitoreo ya que hacia el lado norte se encuentra muy cercano el edificio F, lo que alteraría las mediciones de radiación solar, dirección y velocidad del viento. Hacia el costado oriente también podemos ver la presencia de un muro, más bajo, pero que tampoco cumple con las condiciones o recomendaciones. Finalmente, no se recomienda esta ubicación para la instalación de la EMA.

3.4. CONCLUSIÓN

Las alternativas 1. Techo edificio de mecánica, 2. Techo edificio B y 5. Techo de salón de estudiantes se desechan por no cumplir con las recomendaciones de la Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos (OMM, 1996). Las alternativas 3. Techo edificio F y 4. Techo edificio A, son los lugares seleccionados como posibilidades factibles y fidedignas para la instalación de la EMA. Por otra parte, la autonomía que presenta el proyecto en estudio deja espacio para probar distintos lugares ya que el traslado de la estación no es una tarea difícil. Esto abre la posibilidad de buscar algún sitio que cumpla con las recomendaciones dadas en las sedes de Valparaíso y Viña del Mar de la Universidad y replicar el proyecto en estos lugares a futuro.

CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA

4.1. INTRODUCCIÓN

Generalmente una EMA forma parte de una red de estaciones meteorológicas. Los costos asociados a la mantención, reparación y operación de una estación automática pueden exceder incluso a los costos asociados a la adquisición de los equipos. Por este motivo, las medidas de protección que se tomen durante la instalación de las estaciones, que les proteja de las inclemencias del clima y el vandalismo, son fundamentales para asegurar la durabilidad en el tiempo. También durante la instalación es necesario considerar los requerimientos de cada uno de los sensores con relación al entorno, se deben considerar aspectos tales como la altura, orientación, y emplazamiento de los instrumentos.

4.2. ESTRUCTURA

Antes de iniciar los trabajos para instalar la estación es necesario identificar el norte geográfico. Para esto se puede utilizar un instrumento denominado Global Positioning System (GPS) que tenga incorporada las funciones que permitan identificar directamente el norte geográfico. En el caso de que no se disponga de un GPS, una forma alternativa consiste en determinar inicialmente el norte magnético, para lo cual se deberá disponer de una brújula. Para determinar el norte geográfico se debe corregir la dirección obtenida por la brújula mediante el valor de declinación magnética del lugar. El ángulo de declinación magnética o variación local, es el ángulo que forma el meridiano geográfico y el magnético en un punto de la tierra. Para obtener el valor de declinación del lugar se accede a la página web http://www.magnetic-declination.com/, donde se deberá especificar la latitud y longitud del lugar, en grados. Los resultados para las dos alternativas de lugar tentativas para instalar la estación son los siguientes:

$$Coordenadas\ Techo\ Edificio\ A: 33°29'27.6"S\ 70°37'05.5"W$$

$$Coordenadas\ Techo\ Edificio\ F: 33°29'25.4"S\ 70°37'07.6"W$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

$$Declinación\ Magnética\ Edificio\ A = +1° \ 52'$$

$$Declinación\ Magnética\ edificio\ F = \ +1° \ 52'$$

Como la declinación magnética en ambos casos es un ángulo positivo, éste se deberá sumar a la dirección del norte magnético entregado por la brújula (giro en contra de la dirección de las manecillas del reloj). Se deberá instalar dos conos o algún elemente en el punto donde se instalará la estación y otro en dirección del norte geográfico, que sirva de referencia durante la instalación. Es importante mencionar que el valor de declinación varía de un lugar a otro y para un mismo lugar el valor cambia a lo largo del tiempo, por lo que es necesario realizar este procedimiento transcurrido algún tiempo.

Por otra parte, normalmente una estación meteorológica esta dotada de un cercado que la protege de vandalismo, animales o personas no autorizadas que pudieran dañar los equipos o interferir con las mediciones, sin embargo, dado que los sitios alternativos estudiados en el capitulo anterior son de difícil acceso para personas o animales, no será necesario el uso de un cercado.

Ahora con respecto a la estructura, para instalar los sensores, el panel solar, y el gabinete de intemperie que alojará el datalogger, modem, regulador de carga y barómetro, se deberá utilizar una estructura robusta y fácil de instalar. En el caso de que se determine implementar el trípode CM110 de Campbell Scientific, basta con seguir las instrucciones de montaje del manual de instalación.

Ahora bien si se opta por la opción económica que no incluye el trípode CM110, la estructura que se ha utilizado con buenos resultados por su fácil construcción y costo razonable esta compuesta por un tubo de fierro galvanizado de perfil redondo. El pilar deberá estar montado sobre una estructura metálica que estará anclada al suelo. Del pilar principal se desprenden dos brazos laterales. Para conectar los perfiles se utilizan adaptadores de acero galvanizado. Deben instalarse cuatro vientos desde los brazos laterales de la estructura al suelo, éstos permitirán soportar los esfuerzos de tracción a los que se verá sometida la estructura cuando se produzcan ráfagas de viento. También es necesario instalar una estructura adicional independiente que permita montar el pluviómetro. Los materiales para la instalación de la estructura son los siguientes:

Listado de Materiales:

- Un pilar principal: tubular perfil redondo; de acero galvanizado; 2” de diámetro; 2 [mm] de espesor; 2 [m] de longitud; 3 [cm] de hilo estándar para conexiones en un extremo.
- Dos brazos laterales: tubular perfil redondo; de acero galvanizado; 1” de diámetro; 1,5 [mm] de espesor; 0,5[m] de longitud; 3 [cm] de hilo estándar para conexiones en los dos extremos.
- Dos brazos laterales: Dos brazos laterales: tubular perfil redondo; de acero galvanizado; 1” de diámetro; 1,5 [mm] de espesor; 0,4 [m]de longitud; 3 [cm] de hilo estándar para conexiones en los dos extremos.
- Un brazo central de soporte: tubular perfil redondo; de acero galvanizado; 1” de diámetro; 1,5 [mm] de espesor; 0,9 [m] de longitud; 3 [cm] de hilo estándar para conexiones en los dos extremos.
- Una conexión en T: adaptador de acero galvanizado en T hembra de 2”; hilo estándar.
- Dos conexiones en T: adaptador de acero galvanizado en T hembra de 1”; hilo estándar.
- Dos reductores: adaptador de acero galvanizado BUSHING de 2” a 1”; hilo estándar.
- Dos conectores: adaptadores de acero galvanizado NIPLE tuerca de 1”; hilo estándar.
- Cuatro codos: adaptadores de acero galvanizado CODO de 90° 1”, hilo estándar.
- Una unión americana: adaptador de acero galvanizado de 2”; hilo estándar.
- Una estructura de anclaje: estructura metálica de anclaje al suelo de una pieza soldada.
- Cuatro estacas metálicas para los vientos: 40 [cm] de longitud; diámetro de 0,7 [cm]; fierro macizo; con facilidades para realizar la conexión a los vientos.
- Cuatro cables de acero: 300 [cm] de longitud, diámetro de 0,4 [cm].
- Un pilar para soportar pluviómetro: tubular perfil redondo; de fierro galvanizado; 1” de diámetro; 2 [mm] de espesor; 1,8 [m] de longitud; 3 [cm] de hilo estándar para conexión en un extremo.
- Dos abrazaderas para montar pluviómetro de 1,25” de diámetro.

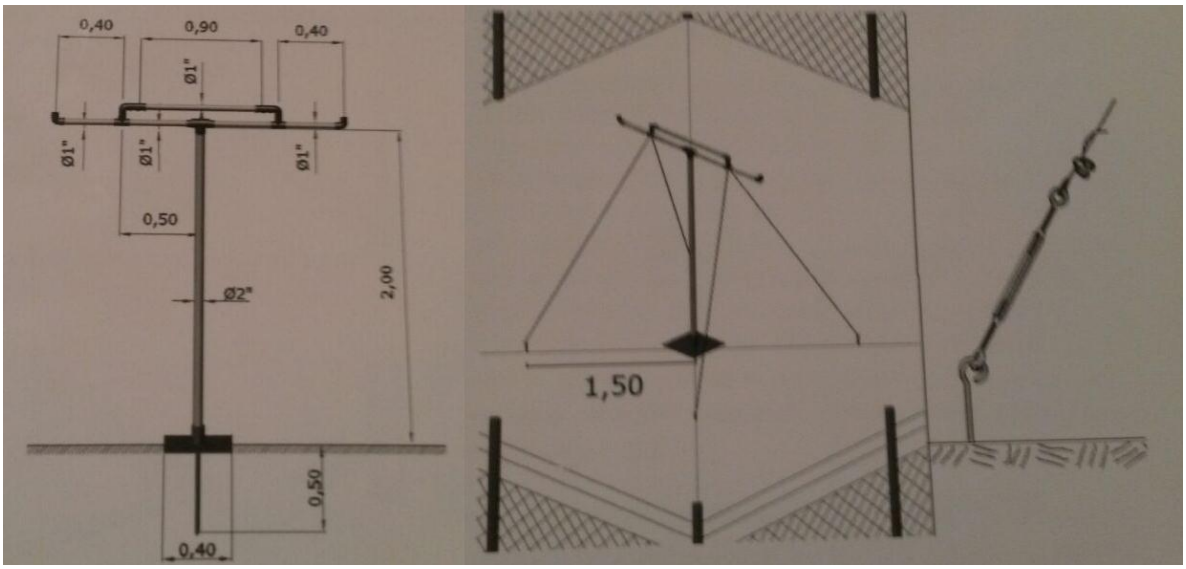


Figura 4.1: *Bosquejo de estructura y disposición de vientos en estructura.-*

La estructura principal debe estar ubicada en el centro de un espacio de a lo menos 5x5 [m]. Los brazos laterales de la estructura deberán ubicarse en dirección Este-Oeste. La estructura que soporta el pluviómetro se situará en el centro de la diagonal entre la estación y el vértice Noreste a unos 2 [m] aproximadamente de la estructura principal.

Sobre el proceso de instalación, hay que ensamblar todas las piezas de la estructura antes de colocar los sensores y la unidad central. Es mucho más sencillo realizar la labor de ensamblaje en el suelo y luego levantarlas sobre la estructura base que estará anclado al suelo lo más firmemente posible. Además de colocar la estructura unida a la base, es necesario colocar los cuatro vientos. Los vientos son cables de acero que sujetan la estructura desde los brazos laterales al suelo. Éstos se encargarán de ayudar a la base a soportar los esfuerzos de tracción a los que se verá sometida la estructura cuando el viento sople violentamente. Para esto se debe disponer de cuatro estacas metálicas y cuatro cables de acero que han sido especificados en la lista de materiales. Cada estaca deberá anclarse al suelo a una distancia de a lo menos 1,5 m de la base de la estructura sobre las diagonales que apuntan hacia los vértices. Dos cables deberán unir la parte media de cada brazo lateral con su estaca correspondiente.

Finalmente el gabinete ENC12/14 se monta al pilar principal de la estructura por medio de abrazaderas a una altura de 1 [m] con orientación Sur.

4.3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA

Cualquier fuente de 12 [V] puede alimentar el Datalogger CR1000, sin embargo, se seleccionó el dispositivo PS150 Campbell Scientific que incorpora un regulador de carga y una batería gel de 12 [V] con una carga estándar de 7 [Ah]. El diseño del PS150 no precisa mayor mantenimiento y ofrece seguridad en contra de fugas. La batería puede cargarse con un panel solar o un cargador AC. En la figura 4.2 se muestra la disposición de las conexiones:

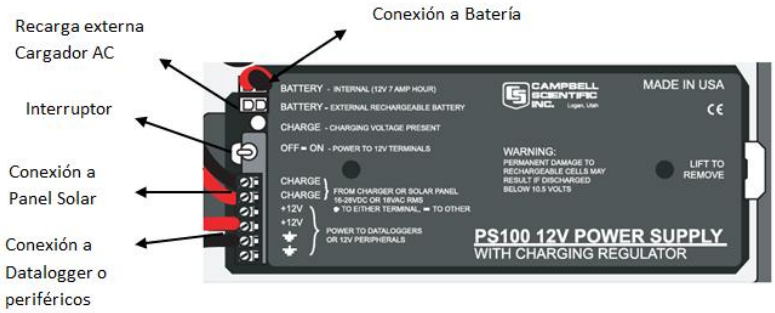


Figura 4.2: *PS150, Campbell Scientific.-*

En el momento de la instalación se debe verificar que el regulador esté conectado a la batería, para esto es necesario quitar la tapa externa del dispositivo. En cuanto al panel solar SP10, debe ser montado en el pilar de la estructura o mástil del trípode con orientación Norte. La inclinación más eficiente para captar la radiación incidente es igual a la latitud del lugar. Los parámetros y valores del SP10 son: Celda fotovoltaica de silicio de 10 [W] de potencia y 12 [V]. Las dimensiones de la estructura dependen del modelo del panel solar seleccionado. Ésta debe asegurar que los módulos puedan colocarse con el ángulo de inclinación correcto en dirección al sol y brinden seguridad a la instalación. El material debe ser resistente a la corrosión como acero galvanizado o aluminio. Estos requerimientos están cubiertos con la celda SP10 y el trípode CM110 seleccionados anteriormente. Para evitar el riesgo de cortocircuito, se debe cubrir el panel con un material totalmente opaco durante la instalación.

En el caso que se quiera utilizar como fuente generadora la red de energía eléctrica, se deben tomar las precauciones necesarias para minimizar el riesgo de sobrecargas y cortocircuitos que pudieran dañar los equipos o provocar algún accidente. La conexión debe extraerse de un empalme, aéreo o subterráneo. La instalación debe disponer de un centro de carga conectado a un sistema de tierra física y a un centro de carga principal o medidor. Lo anterior se incluye en la estructura CM110. Por otra parte, si

se selecciona la alternativa económica que cambia el Datalogger CR1000 y el regulador de carga PS150 por el Datalogger CR300, las características de emplazamiento son similares, es decir, puede ser alimentado por cualquier fuente de 12 [V]. El Datalogger CR300 viene con regulador de carga incorporado pero sin batería propia, por lo que se debe integrar esta a la instalación y que cumpla con las condiciones de ser de gel de 12 [V] con una carga estándar de 7 [Ah].

4.4. UNIDAD CENTRAL

La unidad central de procesamiento o CPU de la EMA generalmente esta formada por un Datalogger, este tiene la labor de recibir cada una de las lecturas de los sensores y almacenar la información en la memoria para luego realizar los cálculos necesarios de acuerdo a lo establecido en la programación. El Datalogger CR1000 de Campbell Scientific está protegido por una caja metálica, en su interior se encuentra la electrónica de medición y control. El resumen de sus características generales se muestra en el siguiente recuadro:

Parámetro	Valor
Almacenamiento para el Sistema Operativo	1 Mb de memoria FLASH
Almacenamiento de programas y datos	2 Mb de SRAM no-volátil para uso de la CPU
Alimentación	12 [V]
Entradas analógicas	8 canales diferenciales (16 single-ended) resolución máxima es de 0,67[µV]
Contadores de pulso	2 canales que pueden contar pulsos de nivel alto (onda cuadrada 5 [V])
Salidas de excitación	3 salidas que generan voltajes de excitación de precisión
Puertos digitales I/O	8 puertos para medida de frecuencia, control digital y triggering
Switched 12 V	Suministra 12 [V] no regulados bajo control de programa
Puerto RS-232	Conexión a puerto RS232 del PC
Puerto CS I/O	Conexión vía cable de periféricos
Puerto para periféricos	Puerto de 40 pin para módulo tarjeta CompaciflashRCFM100

Cuadro 4.1: *Resumen características del CR1000.-*

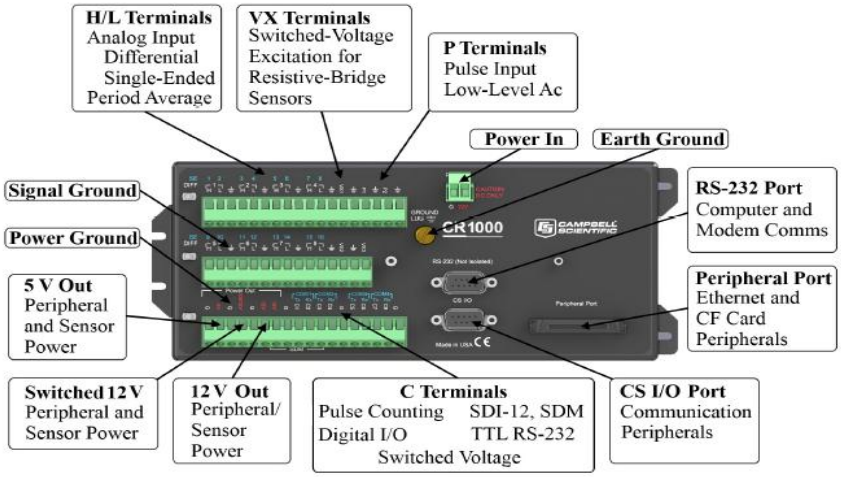


Figura 4.3: *Panel de cableado del CR1000 (Manual CR1000, Campbell Scientific).-*

Una especificación más detallada de las características del datalogger puede encontrarse en el Manual de Instrucciones Campbell Scientific CR1000, disponible en la página web de Campbell, o en el archivo adjunto al informe con manuales y folletos de los equipos. Por otra parte, si se opta por utilizar el datalogger CR300, la metodología de diseño es similar a la del CR1000 pero con menos capacidad de conexiones.

Figura 4.4: *Panel de cableado del CR300 (Manual CR300, Campbell Scientific).-*

El Datalogger deberá estar alojado en el interior del gabinete armario ENC 12/14. En el interior también irá el sensor de presión, el módem, y la unidad de almacenamiento de energía PS150 (si es el caso) para la alimentación. Para la conexión eléctrica a tierra se debe utilizar una varilla para tierra de 5/8 por 1,5 [m] (barra copper) y un conector para la varilla de tierra de 5/8. Para proteger a los equipos de la corrosión y de daños a los componentes electrónicos por presencia de humedad en su interior es importante incluir en el interior del gabinete bolsas de papel o género con desecante para absorber la humedad. Se recomienda utilizar SilicaGel con indicador de humedad, ésta generalmente presenta un color azul cuando se encuentra en estado activo, y rosa cuando se satura. De esta forma es fácil determinar la necesidad de renovar el desecante.

Finalmente, acerca del software de la unidad central, Loggernet es una unidad de pequeños programas que facilitan la configuración, uso y captura de datos utilizando Dataloggers marca Campbell Scientific. Al activar el software se despliega en la pantalla una barra de herramientas en la cual se accede a cada uno de las opciones que ofrece el Software Loggernet. Para la conexión del Datalogger a la computadora debe existir un medio físico. Campbell ofrece varias soluciones a este requerimiento, como conexión directa con cables específicos, conexión inalámbrica vía módem, conexión inalámbrica vía radio. Para comprobar el funcionamiento del Datalogger y cargar el software se debe utilizar una conexión directa mediante cable de comunicación serial que conecte el puerto RS232 del Datalogger con el PC. Se debe tener cuidado de utilizar un computador que esté en buenas condiciones para evitar exponer al equipo a sobrecargas de voltaje.

Loggernet, en la aplicación "EZsetup" ofrece una opción que incluye varios pasos del tipo asistente de instalación y que guía al usuario para la identificación de las características de conexión y la comunicación con que se dejará definido el equipo que se desea conectar. Se incluye una breve descripción de las tareas a realizar en cada paso con el fin de lograr una conexión exitosa entre la computadora y el Datalogger. Luego de realizar con éxito la conexión del Datalogger, se debe traspasar el software de la computadora al Datalogger para que éste inicie la recolección de los datos. Para realizar esta tarea se utiliza la aplicación *Connect* de Loggernet, en donde se deberá seleccionar el datalogger de una lista y luego presionar el botón *Connect*. Si el botón cambia su texto a *Disconnect* la conexión habrá sido exitosa. Para enviar el programa se presiona el botón *Send* y luego se busca dentro de las carpetas el programa y se selecciona. Se debe tener especial cuidado en este paso ya que al remplazar el programa se pierden todos los datos que no hayan sido recolectados en ese momento, por esta razón se el Datalogger ya estuvo operando se deberán recolectar los datos antes de cambiar el programa, para esto se presiona el botón *Colect Now.* La aplicación Loggernet proporciona una manera de comprobar el correcto funcionamiento del Datalogger y los sensores antes de instalar los equipos en terreno. Para esto se debe conectar los sensores a la unidad central según las especificaciones de cada uno.

4.5. SENSORES

Temperatura Ambiental y Humedad Relativa:

En lo referente a medir la temperatura y humedad relativa ambiental se utilizará el sensor HMP60. Este dispositivo mide simultáneamente temperatura y humedad relativa del aire. El principio de funcionamiento del instrumento para medir la temperatura, se basa en la variación de la resistencia de un hilo conductor de platino. En este tipo de sensores la resistencia varía linealmente con la temperatura, bajo las condiciones y requerimientos indicados por el fabricante. El sensor de humedad relativa es un condensador cuya capacidad varía con la humedad. Las variaciones de humedad relativa causan variación de la capacitancia dependiendo de las propiedades del dieléctrico. Una especificación más detallada del sensor puede encontrarse en el Manual de Instrucción Campbell Scientific HMP60, disponible en la página web de Campbell, o en el archivo adjunto al informe con manuales y folletos de los equipos.

Figura 4.5: *Sensor de Temperatura y Humedad relativa HMP60 Vaisala.-*

Parámetro	Valor
Tipo de sensor	1000 [Ω] PRT, DIN 43760B
Rango de medición	-40 a 60 °C
Tensión de alimentación	5 a 28 Vcc
Exactitud	± 0,6 °C
Tiempo de respuesta	1 [s]

Cuadro 4.2: *Especificaciones Generales del HMP60, para Temperatura Ambiental.-*

Parámetro	Valor
Tipo de sensor	INTERCAP®
Rango de medición	0 a 100%
Tensión de alimentación	5 a 28 Vcc
Exactitud	± 3% (0 a 90% HR) ± 5% (90 a 100% HR)
Tiempo de respuesta	1 [s]

Cuadro 4.3: *Especificaciones Generales del HMP60, para Humedad Relativa.-*

El sensor de temperatura y humedad relativa debe ubicarse en el pilar o mástil de la estructura a una altura de 2 [m] sobre el nivel del suelo. Para evitar que las mediciones sean influenciadas por el efecto de la radiación solar, y resguardar el instrumento de fenómenos tales como precipitación, rocío, helada y viento, se debe instalar dentro de la pantalla anti radiación 41303-5.

Color	Descripción	Conexión a Datalogger
Negro	Señal de Temperatura	Single-Ended Imput 1
Blanco	Señal de Humedad Relativa	Single-Ended Imput 2
Azul	Señal de Referencia y Tierra	Tierra
Café	Alimentación 12 V	Tierra
Gris	Protección	SW12V

Cuadro 4.4: *Conexiones a Datalogger.-*

Radiación Solar:

Para medir la radiación solar se utilizará el sensor CS300 comercializado por Campbell Scientific y fabricado por Apogee. El sensor está construido por un detector de silicio fotovoltaico que genera una corriente en base a la intensidad de radiación solar incidente. Una especificación más detallada del sensor puede encontrarse en el Manual de Instrucción Campbell Scientific CS300, disponible en la página web de Campbell, o en el archivo adjunto al informe con manuales y folletos de los equipos.

Figura 4.6: *Sensor de Radiación Solar Global CS300 Apogee.-*

Parámetro	Valor
Tipo de sensor	Detector de silicio fotovoltaico
Rango de medición	0 a 1750 [Wm^{-2}]
Exactitud	Absoluta ± 5% de la radiación total diaria
Respuesta de salida	0,2 [mV] por [Wm^{-2}]
Rango de medición de longitudes de onda	360 a 1120 [nm]
Tiempo de respuesta	<1 [ms]

Cuadro 4.4: *Especificaciones Generales del CS300, para radiación solar.-*

El sensor de radiación solar debe estar ubicado en un terreno plano, despejado, sin obstrucciones en el horizonte, lejos de paredes, techos u otros objetos brillantes que reflejen la luz del sol. El lugar deberá estar fuera del alcance de fuentes de radiación artificiales, como luminarias. El sensor se deberá instalar montar en una plataforma nivelada sobre el brazo lateral Este de la estructura a una altura de 2 [m]. El cable de conexión deberá salir en dirección Oeste. El plano horizontal del sensor puede ser verificado mediante el nivel de burbuja que viene adosado en la base de instalación que tiene el sensor. Para corregir el plano se debe aflojar la plataforma y corregir el plano con los tres tornillos dispuestos para su nivelación.

Color	Descripción	Conexión a Datalogger
Rojo	Señal de radiación solar	Single-Ended Imput 3
Negro	Señal de referencia	AG o tierra
Gris	Protección	AG o tierra

Cuadro 4.5: *Conexiones a Datalogger.-*

Precipitación:

Para medir la precipitación se seleccionó el pluviómetro TE525MM comercializado por Campbell Scientific. El instrumento es confeccionado por Texas Electronics. El funcionamiento del sensor esta basado en un dispositivo de balancín montado sobre un pivote ajustado para volcar cuando haya recibido una cantidad conocida de precipitación, entregando como salida un pulso electrónico. Es necesario mencionar que el modelo TE525MM está diseñado con una capacidad del balancín de 1 [mm]. Una descripción más detallada de las características del instrumento puede encontrarse en el manual de instrucción Campbell Scientific TE525MM, disponible en la página web de Campbell Scientific.

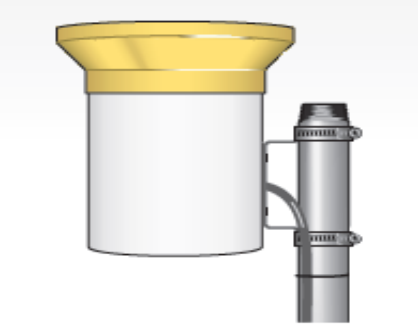


Figura 4.7: *Sensor de precipitación TE525MM, de TEXAS ELECTRONICS.-*

Parámetro	Valor
Tipo de sensor	Pluviómetro electrónico de balancín
Resolución	1 tip
Precipitación por tip	0,1 [mm]
Exactitud	± 1%sobre 10[mmh^{-1}] +0, -3% para 10 a 20 [mmh^{-1}] +0, -5% para 20 a 30 [mmh^{-1}]
Rango de voltaje de salida	0 – 2,5 [V]

Cuadro 4.6: *Especificaciones Generales del TE525MM, para precipitación.-*

Sobre el emplazamiento y montaje, el pluviómetro debe ubicarse en un lugar plano, libre de obstáculos. La distancia del aparato de medición a los obstáculos próximos (árboles, paredes, edificios, etc.) debe ser por lo menos 2 veces o, de ser posible, cuatro veces la altura del obstáculo sobre el plano del borde superior del pluviómetro. La boca del pluviómetro debe estar a 1,5 [m] sobre el nivel del suelo. Se puede usar como referencia la altura del pilar que deberá estar al mismo nivel que el pluviómetro sin la tapa. La estructura debe quedar al lado Sur-Oeste de la estación. La fijación entre el pilar y el instrumento se puede realizar con abrazaderas de acero galvanizado de 1 pulgada.

Color	Descripción	Conexión a Datalogger
Negro	Señal de preciítación	Entrada de pulso
Blanco	Señal de retorno	Tierra
Gris	Protección	Tierra

Cuadro 4.5: *Conexiones a Datalogger.-*

Velocidad y Dirección del Viento:

Para medir la velocidad y dirección del viento se seleccionó el sensor 03002 comercializado por Campbell Scientific. El sensor es fabricado por RM Young Company. Este instrumento conjuga en un equipo compacto un anemómetro de tres copas y una veleta. La rotación de la rueda de la taza produce un voltaje de la onda sinusoidal de corriente alterna con frecuencia proporcional a la velocidad del viento. La dirección del viento es determinada por la posición de la veleta que entrega un voltaje mediante un potenciómetro de 10 [kOhms]. Una descripción más detallada de las características del instrumento puede encontrarse en el manual de instrucción Campbell Scientific 03002, disponible en la página web de Campbell Scientific.

Figura 4.8: *Sensor de velocidad y dirección del viento 03002, de RM Young.-*

Parámetro	Valor
Tipo de sensor	Veleta
Rango de medición	360° mecánicos, 355° eléctricos
Exactitud	± 5°
Distancia constante	0,5 [m] (50% recuperación)
Coeficiente de amortiguamiento	0,2

Cuadro 4.6: *Especificaciones Generales del 03002, para dirección del Viento.-*

Parámetro	Valor
Tipo de sensor	Anemómetro de cazoletas
Rango de medición	0 a 50 [ms^{-1}]
Exactitud	± 0,5 [ms^{-1}]
Distancia constante	2,3 [m] (63% recuperación)
Frecuencia de salida	1 siclos por revolución (0,75 ms^{-1} por Hz^{-1})

Cuadro 4.7: *Especificaciones Generales del 03002, para velocidad del Viento.-*

Sobre el emplazamiento y montaje, dada la variabilidad de las condiciones de viento puede resultar difícil encontrar un emplazamiento adecuado. El lugar que se elige debe estar libre de obstrucciones. La OMM recomienda una distancia entre el instrumento y el obstáculo superior, no menor a 10 veces la altura del obstáculo. La altura del instrumento deberá ser de 2 [m] por sobre el nivel del suelo. El instrumento se deberá instalar firmemente en el brazo Oeste de la estructura, se debe tener especial cuidado en direccionar el indicador de referencia Norte de la veleta correctamente hacia el Norte Geográfico.

Color	Descripción	Conexión a Datalogger
Rojo	Señal velocidad del viento	Entrada de pulso
Negro	Señal de referencia velocidad	Tierra
Gris	Protección	Tierra
Verde	Señal dirección del viento	Single-Ended Imput 4
Blanco	Señal de referencia dirección	Tierra
Azul	Señal de exitación	Exitación

Cuadro 4.8: *Conexiones a Datalogger.-*

Presión Barométrica:

Para medir la presión barométrica se seleccionó el sensor CS106 comercializado por Campbell Scientific y fabricado por Vaisala. Utiliza un sensor capacitivo que entrega una salida lineal de 0 a 2,5 [V] en un rango de presión de 500 a 1100 [mbar]. Una descripción más detallada de las características del instrumento puede encontrarse en el manual de instrucción Campbell Scientific 03002, disponible en la página web de Campbell Scientific.

Figura 4.9: *Sensor de presión barométrica CS106, de Vaisala.-*

Parámetro	Valor
Tipo de sensor	Vaisala BAROCAP capacitivo de silicio
Rango de medición	500 a 1100 [mbar]
Linealidad	± 0,25 mb
Exactitud	± 0,3 [mbar] @ +20°C ± 0,6 [mbar] @ 0 a 40°C ± 1,0 [mbar] @ -20 a +45°C ± 1,5 [mbar] @ -40 a +60°C
Rango de voltaje de salida	0 – 2,5 [V]
Voltaje de alimentación	12 [V]

Cuadro 4.9: *Especificaciones Generales del CS106, para presión barométrica.-*

Sobre el emplazamiento y montaje, el mejor lugar para realizar las mediciones es una ubicación sin árboles o edificios cercanos, a una altura de 1,5 a 2 [m] sobre el nivel del suelo. Los barómetros electrónicos requieren de un ambiente limpio y seco que no contenga sustancias corrosivas y lejos de fuentes electromagnéticas. Por lo que este debe instalarse en el interior del gabinete a prueba de humedad que aloja el datalogger, regulador de carga y el módem. El instrumento deberá estar firmemente montado sobre la placa de ensamblaje al interior del gabinete, de manera que se eviten vibraciones y sacudidas mecánicas.

Color	Descripción	Conexión a Datalogger
Azul	Señal de presión barompetrica	Single-Ended Imput 5
Amarillo	Tierra	Tierra
Negro	Referencia	G
Verde	Control puerto (power on/off)	c1
Rojo	Alimentación 12 V	12 V
Gris	Protección	Tierra

Cuadro 4.10: *Conexiones a Datalogger.-*

4.6. CONCLUSIÓN

El objetivo práctico del monitoreo climático es disponer de datos coherentes y continuos que abarquen largos periodos de tiempo. Para tal efecto se deben disponer de instalaciones adecuadas, que estén de acuerdo con los requerimientos establecidos, y garanticen la integridad de los equipos. La correcta instalación de una red de estaciones meteorológicas automáticas es un aspecto que va en aquella dirección.

La ejecución de las operaciones de instalación demanda un gran esfuerzo de planificación y aspectos como la ubicación de la EMA, la calidad de los equipos, el emplazamiento de los sensores, la programación de la CPU y la forma de transmisión, tienen una gran influencia sobre la calidad, fiabilidad, representatividad y disponibilidad de los datos capturados.

CAPÍTULO 5: MANTENIMIENTO DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA

5.1. INTRODUCCIÓN

Dado que el mantenimiento de una red de estaciones automáticas es una tarea que frecuentemente se subestima enormemente, resulta esencial organizar el mantenimiento según un plan racional que tenga en cuenta con todo detalle las funciones y las organice de modo que se reduzcan los costos, sin afectar por ello los resultados.

El mantenimiento de una EMA es una tarea que requiere de dos elementos básicos para asegurar que las inversiones hechas en la adquisición e instalación de un instrumento de esta categoría entregue el resultado esperado. En primer lugar, el mantenimiento debe ser sistemático, debe contemplar una frecuencia de visitas acordes a las características y exigencias de cada uno de los sensores que se instalaron.

Esta tarea debe considerar la mayor cantidad de elementos posibles al planificar su ejecución, dado que ésta dependerá de los equipos que se tengan, sus sensores, y muy especialmente del entorno que lo acompaña. Un ambiente marino por ejemplo, afectará en forma distinta la degradación de algunos sensores a uno que no este afectado por estas condiciones; así, una EMA en un sector con presencia de viento y polvo puede ver alterado el funcionamiento de sus sensores de radiación. Por ello un adecuado mantenimiento no solo garantiza el mejor cuidado de cada uno de los dispositivos que se tienen en el terreno, sino que, asegura una mejor calidad de los datos.

A continuación se detalla un plan básico de mantenimiento donde se contempla el mantenimiento de rutina, la inspección general de la estación, y la limpieza de los instrumentos según las recomendaciones de los fabricantes.

5.2. PAUTAS PARA PLAN DE MANTENIMINETO

El mantenimiento a realizar en una EMA puede ser de carácter preventivo o correctivo en caso de fallas. El mantenimiento preventivo tiene como objetivo minimizar los riesgos asociados a la falla de los equipos. La OMM recomienda desarrollar un plan de visitas programadas a la estación con el fin de minimizar costos asociados al mantenimiento de corrección, reparación y aumentar su tiempo de funcionamiento. En cada visita se realizarán labores de rutina relacionadas con la inspección, limpieza, lubricación de partes mecánicas y reparaciones menores de los componentes de la EMA.

Por otra parte el mantenimiento correctivo corresponde a la detección del fallo o error, corrección y puesta a punto del sistema.

5.2.1. Visita de Rutina

La visita de rutina o visita programada consiste en la concurrencia de personal calificado al sitio donde se encuentra ubicada la EMA, con el propósito de inspeccionar y realizar un mantenimiento preventivo de los instrumentos e instalaciones de esta. Las visitas deberán realizarse regularmente con un lapso de tiempo no superior a dos meses entre visita.

En cada visita de rutina se debe incluir la limpieza del sitio, reparaciones en el cercado (de haber y ser necesario), limpieza y chequeo de los sensores y el o los paneles solares (el polvo, los insectos, y la deposición de aves suelen constituir un problema). Asegurar que los cables que están a nivel del suelo estén protegidos dentro de un tubo de material duro; chequear la batería, el panel solar, el regulador de carga y las conexiones a tierra; comprobar el estado e impermeabilidad del gabinete; chequear el estado y firmeza de la estructura; verificar las conexiones y el estado del datalogger y del módem. De manera general, se deberá solucionar cualquier desperfecto que pudiera afectar la durabilidad de los instrumentos e instalaciones o que interfiera con el registro, procesamiento y transmisión de los datos.

Además, una vez al año se deberá chequear la calidad de los registros entregados por los sensores de la estación. Para esto se realiza una medición en paralelo con un equipo de chequeo previamente calibrado, durante un periodo de tiempo prudente. Estos datos servirán para comprobar la fiabilidad e integridad de los sensores y determinar si se requiere enviarlos a un centro de calibración. Las mediciones paralelas se realizan con una

estación meteorológica automática móvil. Es importante que los instrumentos de las dos estaciones posean similares niveles de operación, por ejemplo, los sensores de radiación deberán medir la radiación solar en el mismo rango de longitud de onda. Por otra parte es preferible que los sensores de la estación móvil posean una mejor resolución y exactitud que los sensores de la estación observada. Para el éxito de esta operación es fundamental que cada componente de la estación móvil esté en perfecto estado, y sus sensores estén calibrados.

Durante cada visita programada, el personal deberá informar el estado de la estación mediante una planilla de registro (tipo Checklist). El registro informa de cualquier anomalía o deterioro de algún componente de la estación. Si es posible se debe solucionar el desperfecto durante la misma visita, en caso contrario se deberá realizar una segunda visita de carácter correctivo. En la segunda visita se deberá detallar la información del componente dañado. Esta información se utilizará para panificar el trabajo y el suministro de materiales o instrumentos que deben ser remplazados.

5.2.2. Estructura

En el caso de la estructura principal (que soporta los sensores, el panel solar y el gabinete) se deberá verificar que los adaptadores de acero galvanizado (uniones en T, codos, reductores, etc.) estén firmemente unidos a los brazos y pilares de la estructura. Se examinará también la conexión de las bases de la estructura con el pilar principal. El pilar de la estructura deberá estar completamente nivelado, para esto deberá disponerse de una plomada o un nivel.

En cuanto al gabinete, se debe verificar que esté firmemente unido al pilar de la estructura, para esto se debe ajustar las tuercas de las abrazaderas y pernos. Si se observa un desgaste o rodamiento de las piezas se deberá anotar en una planilla Checklist y remplazar a la brevedad. Por otra parte, la persona encargada de la visita deberá asegurarse que el gabinete esté herméticamente sellado, para esto deberá revisar la salida de los sensores y las perforaciones. En el caso de que se observe alguna abertura se procederá a realizar un sellado con silicona líquida. Si el gabinete presentara trizaduras u orificios extraños que no hayan sido perforados en la etapa de instalación se procederá a remplazar la caja por una similar. Por otra parte, para proteger los equipos de la corrosión es importante remplazar las bolsas de SilicaGel con indicador de humedad. Generalmente, la SilicaGel presenta un color azul cuando se encuentra en estado activo, y rosa cuando se satura, debiendo remplazarse. Finalmente, se debe verificar el correcto funcionamiento del cierre del gabinete de la estación, si se debe aplicar mucha fuerza para lograr el

completo cierre, la caja deberá ser reparada. El sistema de cierre de la caja debe quedar completamente sellado, en el caso que el cierre sea metálico deberá lubricarse periódicamente entre visitas

5.2.3. Sistema de Alimentación de Energía

En el caso de utilizar el dispositivo PS150 Campbell Scientific, que incorpora un regulador de carga y una batería de gel de 12 [V], no es necesario llenar de agua la batería ni preocuparse de las altas o bajas temperaturas, las baterías de gel no requieren mantenimiento alguno. Sin embargo, se recomienda durante la visita verificar el estado de las conexiones, y la carga de la batería.

Sobre el regulador de carga, debe mantenerse limpio y seco, se deberá quitar el polvo con un paño seco de la superficie exterior, nunca tocarlo con objetos húmedos. En el caso del PS150 se deberá verificar el buen estado de las conexiones, si los cables están sueltos deben ajustarse los tornillos que prensan las conexiones en el panel del dispositivo.

Finalmente los paneles solares, al ser una tecnología exenta de piezas móviles, no requieren de mucho mantenimiento, sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento adecuado fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto, por ese motivo es necesario que se sigan algunas rutinas básicas de mantenimiento. En las rutinas de mantenimiento del panel solar se deberá limpiar la cubierta frontal del vidrio del módulo fotovoltaico. La limpieza debe efectuarse con agua y un paño suave, de ser necesario se puede emplear detergente. Se debe verificar la inexistencia de terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones. Si el cableado ha estado expuesto al sol o a la corrosión durante algún tiempo, es posible que se puedan formar grietas en su cubierta, lo que provocará pérdidas de energía. Es recomendable aislar lo mejor posible todos los conectores de energía para evitar este tipo de falla. Por último se debe asegurar que la estructura de soporte esté en buenas condiciones. Al mover suavemente el módulo, ver si existe alguna pieza floja o suelta que pueda causar problemas, además se debe asegurar que las abrazaderas estén firmemente sujetas al pilar de soporte.

5.2.4. Unidad Central

Tanto la temperatura ambiental como la humedad pueden afectar el desempeño del Datalogger, por lo que es necesario asegurar que esté alojado en un ambiente libre de condensación, con una temperatura no inferior a los -25°C ni superior a los 50°C. Además es necesario remplazar periódicamente la batería interna de litio. Si el Datalogger entra en contacto con agua, pueden verse dañados los circuitos internos, por lo que se debe tener especial cuidado en mantener selladas las perforaciones del gabinete, y realizar además recambios periódicos de la SilicaGel.

En cuanto a las conexiones del Datalogger, se deberá verificar tanto la conexión a la alimentación como la conexión a tierra. Se debe asegurar que el Datalogger permanezca firmemente unido a la placa del gabinete para evitar que el equipo sufra sacudidas. Además, se deberá verificar el estado de las conexiones en el panel del Datalogger, con todos los sensores que tiene la estación. En el caso de que la toma a tierra se encuentre en mal estado se remplazarán las varillas según especificaciones de instalación.

En cuanto el recambio de la batería interna del Datalogger, esta constituye una operación fundamental. Esto debe realizarse cada 10 años, sin embargo es importante chequear que el voltaje se mantenga por sobre los 2,7 [V]. La batería de litio tiene como propósito suministrar energía a algunas operaciones internas elementales del Datalogger, como las funciones del reloj y la SRAM. Para el recambio de batería se deben seguir una serie de pasos posibles de encontrar en el manual del Datalogger seleccionado.

5.2.5. Sensores

Durante las visitas de rutina se deben realizar a los sensores labores que tienen como objetivo minimizar los riesgos asociados a la falla de los equipos. En cada visita se deberán hacer las siguientes labores:

- Comprobación del estado físico, con sustitución de los elementos dañados, como cintas, abrazaderas, tornillos, etc.
- Limpieza general de los sensores.
- Comprobación de las conexiones eléctricas con sustitución, en su caso, de los cables y conectores afectados.
- Se debe verificar que todos los sensores estén firmemente montados en la estructura, ajustando las tuercas que se encuentren flojas.
- Rellenar planillas de visita, según corresponda, informando cualquier daño que necesite mayor atención.

- Una vez al año se debe realizar una comprobación de la calibración de los sensores, en donde se contrastan en un periodo de tiempo prudente (de ser posible una semana), los datos registrados por los sensores de la instalación, con los datos procedentes de una estación meteorológica móvil.

Temperatura Ambiental y Humedad relativa:

Los sensores de temperatura y humedad requieren de un mínimo mantenimiento. Sin embargo, en cada rutina de mantenimiento se deberá chequear la cubierta de protección del sensor. El filtro del sensor, se deberá mantener limpio de impurezas. La limpieza se puede realizar con un paño fino y agua destilada. En caso de que se extraiga el filtro protector del sensor durante la rutina de limpieza, se deberá tener extremo cuidado de no tocar ni limpiar directamente el sensor de temperatura y el sensor de humedad relativa.

También se deberá chequear el estado de la pantalla anti radiación, para evitar que se obstruya o se ensucie demasiado, en el verano puede que insectos tomen la cubierta para construir un nido. También son comunes las deposiciones de aves, especialmente en zonas costeras. En el caso del sensor de humedad relativa se deberá advertir la presencia de gases que puedan acortar la vida útil del sensor. Se recomienda enviar el sensor a calibrar al menos una vez cada dos años para una verificación y calibración completa.

Radiación Solar:

Los sensores de radiación son delicados y requieren un mantenimiento permanente. Se debe remover cuidadosamente el polvo, las hojas y las deposiciones de aves. Para limpiar el instrumento se puede utilizar un pincel de cerdas suaves y agua destilada. Asegurar que el filtro de drenaje este libre de impurezas. Durante la limpieza se debe tener cuidado de no rayar la superficie del transductor o detector. Se debe verificar además que el sensor esté nivelado. Se recomienda enviar el sensor a calibración al menos una vez cada dos años para una verificación y calibración completa.

Precipitación:

Los sensores de precipitación requieren de limpieza constante, frecuente y exhaustiva. Al menos una vez al mes se debe inspeccionar y remover las deposiciones de aves, insectos, hojas, sedimentos, etc. depositados en la rejilla para residuos, en el embudo colector o en el ensamblaje de la cubierta basculante. Se debe asegurar que el ensamblaje de la cubierta basculante pueda moverse libremente.

El pluviómetro puede ser calibrado vertiendo una cantidad de agua específicamente medida, dentro del pluviómetro con la idea de ver cuanta cantidad registra el dispositivo, dependiendo de esto se ajusta el sistema con un desatornillador. Se recomienda realizar esta operación al menos una vez al año, además de hacer una calibración de este sensor en el laboratorio al menos una vez cada tres años para una verificación y calibración completa.

Velocidad y Dirección del Viento:

Los sensores de velocidad y dirección del viento no tienden a acumular suciedad excesiva. Sin embargo, deberán ser mantenidos limpios de polvo y suciedades. En los sensores de viento R.M. Young se recomienda hacer una inspección visual para verificar el estado del aparato, que tan libre gira sobre su propio eje y que tan libremente gira la hélice. En el caso que generen sonido o se detecta que no gira libremente, deberá ser llevado a mantenimiento para remplazar los rodamientos.

Se recomienda enviar el sensor a calibrar al menos una vez cada dos años para una verificación y calibración completa.

Presión Barométrica:

Por estar alojado al interior del gabinete, el sensor de presión barométrica no debería presentar problemas de acumulación de suciedades. De todas formas se deberá verificar que el ambiente esté seco y limpio. Se recomienda enviar el sensor a calibración al menos una vez al año para una verificación y calibración completa.

5.3. CONCLUSIÓN

Una Estación Meteorológica Automática (EMA) es un sistema complejo y sofisticado, que requiere de soporte y mantenimiento permanente. Los componentes que formar el hardware y los dispositivos periféricos (procesadores, sensores, dispositivos de transmisión y almacenamiento de datos, alimentación y conexión), así como la estructura y el gabinete, pueden presentar algún tipo de deterioros causados por el uso, la corrosión, el desgaste, los factores medioambientales o el vandalismo. Mantenimiento e inspección sistemáticos y permanentes de los componentes de una EMA son esenciales para el monitoreo del clima por largos periodos, y generar bases de datos confiables que permitan monitorear y explicar los fenómenos climáticos que se generan en la región bajo estudio.

CONCLUSIÓN

Una estación automática de meteorología es aquella en la que los instrumentos efectúan y transmiten o registran automáticamente las observaciones. A diferencia de una estación sinóptica de muestreo, este tipo de estación presenta entre sus ventajas la independencia de personal constante para la toma de datos. Además de esto, las estaciones automáticas presentan las ventajas de dar datos con mayor frecuencia, en todo el tiempo y que pueden ser implementadas en zonas aisladas. Estas ventajas fueron decisorias para escoger las estaciones automáticas como trabajo a realizar. Junto a esto también hay otros factores que inspiran este trabajo a manera de motivación, como:

- Facilitar la realización de algunas experiencias que se deben realizar en otras sedes de la Universidad.
- Alimentar el conocimiento para futuras generaciones de estudiantes.
- Contribuir con el crecimiento tecnológico de la sede.
- Contribuir con base de datos meteorológicos y posibles estudios o predicciones climáticas.

Para el desarrollo del proyecto, en primer lugar, se cuenta con un estado del arte para la instalación de estaciones meteorológicas automáticas, basado en documentos de la organización mundial de meteorología, donde se describen los principales factores que se deben tener presentes para cada tipo de variable que se quiere medir, los tipos de instrumentos recomendados, y su estructura general. Se presentan también ejemplos de estaciones en Santiago como lo son la estación La Platina perteneciente a la red de estaciones de monitoreo de la INEA (imágenes en Anexo 13) y la estación ubicada en la Universidad de Santiago; esto para tener una idea de cuáles son las principales variables climáticas y la forma en que se presentan los datos. También se muestran algunos de los equipos pertenecientes al laboratorio de energías renovables (LER) ubicado en sede de viña del mar de la USM. Referente a esto, los equipos no presentan una condición óptima que asegure su buen funcionamiento en el tiempo, por lo que no se incluyó ninguno en los equipos para la estación a instalar. Finalmente se determinan las variables de radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa del aire, velocidad del viento, dirección del viento, presión barométrica y precipitación como los datos que se medirán en la estación. El datalogger CR1000 deja capacidad para nuevos sensores, mientras que el CR300 necesita de un Multiplexer para aumentar su capacidad, de ser requerido a futuro.

En el segundo capítulo se presentan diferentes alternativas de equipos para dataloggers, reguladores, fuentes de energía y sensores, con una breve referencia de cada

uno en el anexo. Finalmente se hace una selección basada en calidad, detalles técnicos y precio quedando para el estudio los equipos:

- Datalogger Campbell Scientific CR1000
- Regulador de Carga Campbell Scientific PS150
- Fuente de Carga Campbell Scientific PS10
- Anemoveleta RM Young 03002
- Piranómetro Campbell Scientific CS300
- Sensor Temperatura y Humedad Relativa del Aire Campbell Scientific HMP60
- Sensor Presión Barométrica Vaisala CS106
- Pluviómetro Texas Electronics TE525MM
- Trípode CM110
- Gabinete Armario ENC12/14
- Cruceta CM204
- Base con Nivelación para Piranómetro 18356
- Vara para Pluviómetro CM300

El costo total de adquisición de los equipos mencionados anteriormente, según cotización entregada por Tecnología Omega Ltda. asciende a $7.000.000 IVA Incluido aprox. Esto solo involucra el costo fijo de adquisición de equipos, sin embargo, como opción alternativa más económica se entregan los costos de adquisición de equipos quitando las estructuras y cambiando el Datalogger CR1000 por un CR300. Con esto se llega a un valor de $4.200.000 IVA incluido aprox.

Ya con los equipos seleccionados, se incluye capítulo de selección de sitio donde se presentan cinco alternativas de diferentes techos de edificios en la sede de Santiago de la UTFSM. Las alternativas 3. Techo edificio F y 4. Techo edificio A, son los lugares seleccionados como posibilidades factibles y fidedignas para la instalación de la EMA. Por otra parte, la autonomía que presenta el proyecto en estudio deja espacio para probar distintos lugares ya que el traslado de la estación no es una tarea difícil. Esto abre la posibilidad de buscar algún sitio que cumpla con las recomendaciones dadas en las sedes de Valparaíso y Viña del Mar de la Universidad y replicar el proyecto en estos lugares a futuro.

Luego se entregan detalles de instalación de los equipos y estructuras, añadiendo el diseño de una estructura si no se compra el trípode CM110. En este apartado se especifican detalles de equipos y conexiones. Finalmente, y dado al énfasis que se le da en la literatura a la importancia del mantenimiento de un EMA, se concluye el informe con un plan de mantenimiento preventivo para la estación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] WMO. 1983. Guide to Climatological practices. 2nd ed. WMO N°100.198p. Secretariat of the World Meteorological Organization (WMO), Geneva, Switzerland.

[2] OMM. 1996. Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológica. 6ª ed. Organización Mundial de Meteorología (OMM), Ginebra, Suiza.

[3] CAMPBELL SCIENTIFIC INC. 2016. Sitio Internet: https://www.campbellsci.es/

[4] OMM. 2007. Directrices para la gestión de las modificaciones en los programas de observación del clima. Organización Mundial de Meteorología (OMM), Ginebra, Suiza.

[5] ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. SISTEMA MUNDIAL INTEGRADO DE SISTEMAS DE OBSERVACIÓN DE LA OMM. Reglamento Técnico. VOLUMEN I – Normas y prácticas recomendadas de carácter general.

[6] ISSN 0717-4829, BOLETIN INIA N°198: INSTALACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS, CHILLÁN 2010. ISAAC MALDONADO, RUBÉN RUIZ, MARCEL FUENTES.

[7] ISSN 0717-4829, BOLETIN INIA N°199: MANTENIMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS, CHILLÁN 2010. ISAAC MALDONADO, RUBÉN RUIZ, MARCEL FUENTES.

[8] ISSN 0717-4829, BOLETIN INIA N°200: OPERACIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS, CHILLÁN 2010. ISAAC MALDONADO, RUBÉN RUIZ, MARCEL FUENTES.

[9] Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. 2000. Handbook for the Meteorological Observation.

[10] WMO. 2003. Guidelines on Climate Observation Networks and Systems, 2003. WMO/TD No. 1185. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

ANEXOS

ANEXO 1: Dataloggers Campbell Scientific 71

ANEXO 2: Imágenes Dataloggers Campbell Scientific..... 72

ANEXO 3: Reguladores de Carga Campbell Scientific 73

ANEXO 4: Imágenes Reguladores de Carga Campbell Scientific 73

ANEXO 5: Fuentes de Carga Campbell Scientific 74

ANEXO 6: Imágenes Fuentes de Carga Campbell Scientific 75

ANEXO 7: Sensores..... 76

ANEXO 8: Imágenes Sensores..... 80

ANEXO 9: Estructuras 81

ANEXO 10: Imágenes Estructuras 82

ANEXO 11: Cotización Tecnología Omega Limitada a INIA para EMA 83

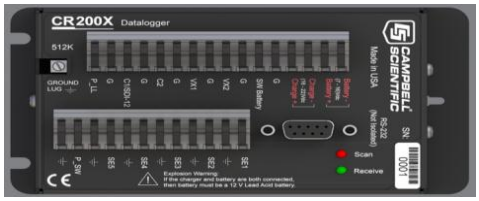
ANEXO 12: Cotización "SEGURIEQUIP" para Estructura 85

ANEXO 13: Fotografías Estación Meteorológica La Platina, INIA 85

ANEXO 1: Dataloggers Campbell Scientific

Marca	Modelo	Descripción
Campbell Scientific	CR300	El Datalogger CR300 es un registrador de datos de usos múltiples, compacto, de bajo costo, utilizado para medición y control. Este registrador de datos de nivel de entrada, con su conjunto de instrucciones rica, se puede medir la mayoría de los sensores hidrológicos, meteorológicos, ambientales e industriales. Se concentrará los datos, por lo que es disponible a través de diversas redes y entregar usando su protocolo preferido. La CR300 también realiza automatizado en el lugar o haciendo para comunicaciones M2M de control y decisión remoto. La CR300 es ideal para aplicaciones pequeñas que requieren a largo plazo, monitoreo y control remoto.
Campbell Scientific	CR200X	El Datalogger CR200X tiene varios canales de entrada para la medición de una variedad de sensores. Tubos de descarga de gas proporcionan protección contra descargas electrostáticas robusta para las entradas. El CR200X no hace mediciones diferenciales y no es compatible con los dispositivos SDM, multiplexores, o termopares. Servicios de re calibración no se ofrecen para el registro de datos CR200X. Este data es el más pequeño, y el de menor costo de Campbell Scientific. Óptimo para la medición de uno o dos sensores simples.
Campbell Scientific	CR800	El Datalogger CR800 es un registrador de datos más pequeño, con alta precisión diseñado para un funcionamiento autónomo en ambientes hostiles y remotos. Está destinado a configuraciones más pequeñas en las que se medirán menos sensores. Cada CR800 lee la entrada de los sensores, a continuación, transmite los datos a través de una comunicación periférica; la mayoría de los sensores y dispositivos de telecomunicaciones son compatibles. Múltiples CR800 pueden configurarse como una red o unidades se pueden implementar de forma individual.
Campbell Scientific	CR1000	El CR1000 es nuestro registrador de datos más utilizado. Se puede utilizar en una amplia gama de funciones de medición y de control. Lo suficientemente robusto para condiciones extremas y lo suficientemente confiable para ambientes remotos, también es lo suficientemente robusta como para configuraciones complejas. Se utiliza en aplicaciones en todo el mundo, será un componente central de gran alcance para el sistema de adquisición de datos.
Campbell Scientific	CR3000-RC	El Datalogger CR3000 soporta aplicaciones complejas con muchos sensores. Es rápido y lo suficientemente potente como para manejar los sistemas de Foucault covarianza extendidas con los sistemas de balance energético completo. Múltiples CR3000s pueden configurarse como una red o unidades se pueden implementar de forma individual. Diseñado para un funcionamiento autónomo en ambientes hostiles y remotas. El CR3000 consiste en un paquete compacto, integrado con una fuente de alimentación incorporada, una pantalla gráfica o numérica de ocho líneas con retroiluminación 128 por 64 píxeles y un teclado de 16 caracteres.
Campbell Scientific	CR6	La medición y el control de registradores CR6 es un componente central de gran alcance para el sistema de adquisición de datos. Hemos combinado las mejores características de todos nuestros registradores de datos y añadimos una comunicación más rápida, requisitos de baja potencia, construido en USB, tamaño compacto, y mayor precisión en la entrada analógica y la resolución. El CR6 también introduce nuestra nueva terminal universales (U), una ingeniosa manera de permitir que prácticamente cualquier sensor analógico, digital o inteligente para ser conectado a cualquier terminal T. Este es también el primer registro de datos de usos múltiples capaz de hacer mediciones de cuerda vibrante estáticas.

ANEXO 2: Imágenes Dataloggers Campbell Scientific

Marca	Modelo	Imagen
Campbell Scientific	CR300	
Campbell Scientific	CR200X	
Campbell Scientific	CR800	
Campbell Scientific	CR1000	
Campbell Scientific	CR3000-RC	
Campbell Scientific	CR6	

ANEXO 3: Reguladores de Carga Campbell Scientific

Marca	Modelo	Descripción
Campbell Scientific	PS150	El PS150 es una fuente de alimentación 12 V CC que incluye una batería recargable 7 Ah reguladas por válvula de plomo-ácido (VRLA) y el regulador de carga. Potencia de carga para el PS150 se suministra normalmente por un panel solar no regulado, el transformador AC / AC, o un convertidor de AC / DC. El PS150 proporciona una carga con compensación de temperatura para una carga óptima y la duración de la batería. Un algoritmo de máxima punto de energía que se incorpora para las entradas solares para aprovechar al máximo los recursos disponibles de carga solar.
Campbell Scientific	PS200	El PS200 es una batería de 12 V CC con un controlador de carga. El controlador gestiona amperaje y el voltaje de seguro, carga de la batería optimizada a partir de un panel solar o la fuente de alimentación de CA. También mide de entradas diferentes, salida y parámetros de estado para permitir una vigilancia estrecha de la batería durante la carga y el uso. El PS200 incluye una batería de plomo-ácido de 12 V CC, mientras que el CH200 es para su uso con una batería suministrada por el usuario.

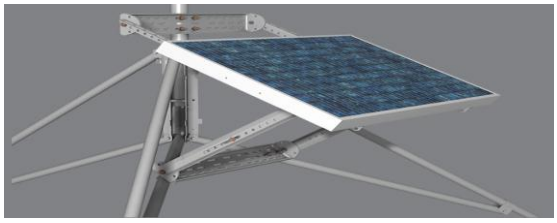
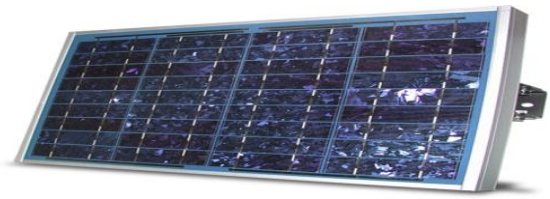
ANEXO 4: Imágenes Reguladores de Carga Campbell Scientific

Marca	Modelo	Imagen
Campbell Scientific	PS150	
Campbell Scientific	PS200	

ANEXO 5: Fuentes de Carga Campbell Scientific

Marca	Modelo	Descripción
Campbell Scientific	SP50-L	El SP50-L es un panel de 50 W solar utilizado en sistemas con grandes requisitos de potencia, pero no tan grande como la proporcionada por el 90 W SP90-L. Su longitud del cable es especificado por el usuario y se adhiere y se recarga baterías de 12 V inundadas. Es ideal para su uso con sensor de campo eléctrico CS110 de Campbell Scientific como parte de un sistema de iluminación de alerta. Permite el funcionamiento sin atención de los sistemas en ubicaciones remotas, lejos de las fuentes de alimentación de corriente alterna.
Campbell Scientific	SP20	El SP20 es un panel solar de 20 W. A menudo se utiliza para las configuraciones del sistema que requieren una mayor alimentación de lo normal, o en lugares más altos de elevación y de la latitud. Se conecta a Campbell Scientific suministros de energía y las bases de la batería para recargar la batería, y permite el funcionamiento de los sistemas de vigilancia en lugares remotos que están lejos de las fuentes de alimentación de corriente alterna.
Campbell Scientific	SP20R-L	El SP20R es de 20 W fuente de energía fotovoltaica capaz de recargar las baterías. Tiene un regulador de tensión de a bordo, y un 6.1 m (20 pies) de cable con cables pelados y estañados que se conectan directamente a una batería de ciclo profundo suministrada por el usuario. El SP20R a menudo se utiliza para las configuraciones del sistema que requieren una mayor alimentación de lo normal, o en lugares más altos de elevación y de la latitud. Permite el funcionamiento sin atención de los sistemas en lugares remotos, lejos de las fuentes de alimentación de corriente alterna.
Campbell Scientific	SP10	El SP10-PW es una fuente de energía fotovoltaica 10 W capaz de recargar las baterías. Su (20 pies) de cable de 6,1 m termina en un conector que se conecta a una caja de pre cableado Campbell Scientific. El conector en el recinto a continuación, crear una base de fuente de alimentación o la batería para recargar la batería, permitiendo el funcionamiento de los sistemas de vigilancia en lugares remotos, lejos de las fuentes de alimentación de corriente alterna. Este panel solar tiene una fuente de carga suficiente para muchas de nuestras configuraciones de sistema en la zona tropical a latitudes templadas.

ANEXO 6: Imágenes Fuentes de Carga Campbell Scientific

Marca	Modelo	Imagen
Campbell Scientific	SP50-L	
Campbell Scientific	SP20	
Campbell Scientific	SP20R-L	
Campbell Scientific	SP10	

ANEXO 7: Sensores

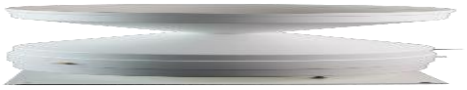
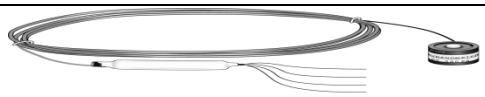
Sensor	Marca	Modelo	Descripción
Temperatura y Humedad	Campbell Scientific	CS215-L	El CS215 es una sonda de temperatura y humedad relativa que utiliza un elemento de la humedad y de temperatura digital de fabricación suiza que hace mediciones precisas y estables. El elemento se basa en la tecnología de CMO Sens Sensirion, que ha sido probado durante más de dos años en condiciones alpinas. El CS215 da salida a una señal SDI-12 que se puede medir por la mayoría de los registradores de datos Campbell Scientific.
Temperatura y Humedad	Robotronic	HC2S3	El HC2S3, fabricado por Robotronic, es una sonda de temperatura y humedad robusta, precisa que es ideal para el largo plazo, las solicitudes no atendidas. La sonda utiliza un sensor capacitivo avanzada para medir la humedad relativa. La sonda incluye un filtro para proteger el sensor de polvo y partículas, para un rendimiento y una fiabilidad superior. El HC2S3 viene con un filtro de polietileno que protege su sensor de polvo fino y partículas y reduce al mínimo la absorción y retención de agua. Alternativamente, un filtro de Teflón está disponible para entornos marinos. El tiempo de respuesta es más lenta cuando se utiliza el filtro de teflón.
Temperatura y Humedad	Vaisala	HMP155A-L	El HMP155A, fabricado por Vaisala, controla la humedad relativa (RH) para la gama de 0 a 100% de humedad relativa y la temperatura para el rango de -80 ° a + 60 ° C. Puede proporcionar mediciones fiables para una amplia gama de aplicaciones, como parte de un sistema de estación meteorológica o como un solo instrumento. Todos los registradores de datos Campbell Scientific son compatibles.
Presión Barométrica	Setra	CS100	El CS100 mide la presión barométrica para el rango de 600 a 1100 mb. Este rango equivale al de debajo del nivel del mar (como en una mina) hasta 12.000 pies sobre el nivel del mar. Diseñado para su uso en aplicaciones medioambientales, la CS100 es compatible con todos los registradores de datos Campbell Scientific. El CS100 está encerrado en una caja de acero inoxidable y poliéster equipado con un 1/8 pulg. Conexión con picos de conexión de presión. Incluye un circuito de conmutación interna que permite el registro de datos para alimentar el barómetro sólo durante la medición, lo que reduce el consumo de energía.
Presión Barométrica	Vaisala	CS106	El CS106 mide la presión barométrica para la gama de 500 a 1100 mb. Este rango equivale al de debajo del nivel del mar (como en una mina) a más de 15.000 pies sobre el nivel del mar.

Sensor	Marca	Modelo	Descripción
Presión Barométrica	MetOne	092-L	El 092, fabricado por MetOne, es un sensor de presión barométrica que se utiliza comúnmente con el WMS100 para las mediciones de rendimiento de energía de parques eólicos. Cuenta con una carcasa de policarbonato y un escudo del tiempo del metal, por lo que es robusto y resistente. Se puede utilizar en interiores o al aire libre, y proporciona salidas digitales y analógicas.
Precipitación	Texas Electronics	TE525-L	El TE525, fabricado por Texas, Electrónica, tiene un orificio de 6 pulg. Y mide las precipitaciones en 0,01 en. Incrementos. Es compatible con todos los registradores de datos Campbell Scientific, y es ampliamente utilizado en aplicaciones de monitoreo ambiental. El TE525 embudos de precipitación en un cangilón de que las puntas cuando se llena a su nivel calibrado. Un imán unido al mecanismo de inflexión acciona un interruptor como la punta de cubo. El cierre del interruptor momentáneo es contado por los circuitos de conteo de pulsos de nuestros registradores de datos.
Precipitación	Texas Electronics	TE525MM-L25	El TE525MM, fabricado por Texas, Electrónica, es un pluviómetro de inflexión-cubo que supervisa las precipitaciones en métrica en lugar de unidades de Estados Unidos. Mide en incrementos de 0,1 mm y tiene un embudo de 24,5 cm. Esta cubeta basculante es compatible con todos los registradores de datos Campbell Scientific, y es ampliamente utilizado en aplicaciones de monitoreo ambiental. El TE525MM embudos de precipitación en un cangilón de que las puntas cuando se llena a su nivel calibrado. Un imán unido al mecanismo de inflexión acciona un interruptor como la punta de cubo. El cierre del interruptor momentáneo es contado por los circuitos de conteo de pulsos de nuestros registradores de datos.
Precipitación	EML	ARG100	El ARG100 es una solución rentable para sus necesidades de medida, ya que está fabricado en plástico resistente a UV mediante técnicas de formación de vacío de alta precisión. Esto permite que el instrumento sea robusto y aun así mantener lo más importante la precisión de medición y precisión. El sensor ARG100 aerodinámica precipitación (pluviómetro), fabricado por EML en el Reino Unido. Un instrumento en forma convencional interfiere con el flujo de aire alrededor del orificio del sensor de manera que la captura se reduce (hasta un 25% de la captura en condiciones de viento), es decir, las mediciones de precipitación se subestimen.

Sensor	Marca	Modelo	Descripción
Radiación (con soporte y base)	Campbell Scientific	CS300	El CS300 mide la radiación solar global, para Aplicaciones relacionadas con la Energía solar, agricultura, Meteorología e Hidrología. Su Respuesta espectral es de 300 a 1000 nm, la de Que es radiación solar mayoritariamente Que Alcanza La superficie de la Tierra. Este piranómetro sí Conecta Directamente a cualquiera de Nuestros registradores de datos.
Radiación	Campbell Scientific	LP02	El LP02 Es Un piranómetro con ESPECIFICACIÓN ISO-segunda clase Que mide la radiación solar global en TODO su espectro. Se Conecta Directamente al datalogger Campbell Scientific, y se utiliza en los muchas Aplicaciones Meteorológicas. El LP02 mide la radiación solar con una alta calidad ennegrecido termopila protegido por una cúpula. La termopila ennegrecida proporciona una respuesta espectral plana para el rango de espectro solar completo, lo cual permite que el LP02 para ser utilizado bajo las copas de las plantas o las lámparas, cuando el cielo está nublado, y para las mediciones de la radiación reflejada.
Radiación (con soporte y base)	LI-COR	LI200X-L34	El LI200X utiliza un detector fotovoltaico de silicio montado en una cabeza de coseno corregido para proporcionar mediciones de radiación solar. Calibrados contra un Eppley precisión espectral del piranómetro (PSP), la LI200X mide con precisión el sol, más cielo de radiación para el rango espectral de 400 a 1100 nm. Sensores calibrados a este rango espectral no deben usarse bajo vegetación o las luces artificiales. El LI200X incluye un circuito de terminación epoxi-encerrado en su cable. Este circuito finalización estandariza la calibración del sensor del sensor, lo que permite a los sensores individuales pueden intercambiar sin alterar multiplicador y valores de desplazamiento.
Radiación	Campbell Scientific	CMP3	El CMP3 Es Un piranómetro con ESPECIFICACIÓN ISO-segunda clase Que mide la radiación solar global en TODO su espectro. Se Conecta Directamente al datalogger Campbell Scientific, y se utiliza en los muchas Aplicaciones Meteorológicas. El CMP3 mide la radiación solar con una alta calidad ennegrecido termopila protegido por una cúpula. La termopila ennegrecido proporciona una respuesta espectral plana para la gama del espectro solar completo, que permite la CMP3 para ser utilizado bajo las copas de las plantas o las lámparas, cuando el cielo está nublado, y para las mediciones de la radiación reflejada.

Sensor	Marca	Modelo	Descripción
Radiación	Campbell Scientific	CMP6	El CMP6 es un piranómetro con especificación ISO de primera clase que mide la radiación solar global en todo su espectro. Se conecta directamente al datalogger Campbell Scientific, y se utiliza habitualmente en aplicaciones de monitoreo medioambiental, evaluación del recurso solar y rendimiento para planta solar. El CMP6 mide la radiación solar con una alta calidad ennegrecido termopila protegido por dos cúpulas de cristal. Su sensibilidad espectral plana, desde 285 a 2800 nm, lo hace ideal para aplicaciones en la luz solar natural, bajo las copas de las plantas, en invernaderos o edificios, y se invirtió para medir la radiación solar reflejada.
Velocidad y Dirección Viento	RM Young	03002	El 03002 mide la Velocidad y Dirección del Viento, Con Un anemómetro de cazoletas 3 y Una veleta montados En un brazo Mismo. Se Conecta directo a un registrador de datos de Campbell. El 03002 utiliza un conjunto de rueda de la taza para medir la velocidad del viento. La rotación de la rueda taza produce una onda sinusoidal de CA que es directamente proporcional a la velocidad del viento. La frecuencia de la señal de corriente alterna se mide por un canal de contador de impulsos registrador de datos, después se convierte en unidades de ingeniería (mph, m / s, nudos). La versión de Campbell Scientific utiliza cojinetes blindados, lo que disminuye el umbral del anemómetro.
Velocidad y Dirección Viento	RM Young	05103	El monitor 05103 está hecho de termoplástico rígido UV estabilizado con acero inoxidable y accesorios de aluminio anodizado. El material termoplástico resistente a la corrosión de los medios aéreos y marinos contaminantes atmosféricos. Utiliza cojinetes de bolas de precisión de grado de acero inoxidable para el eje de la hélice y los cojinetes de eje vertical. Las medidas de la velocidad del viento 05103 con una hélice en forma de helicoide-, de cuatro palas. La rotación de la hélice produce una onda sinusoidal de corriente alterna que tiene una frecuencia directamente proporcional a la velocidad del viento. La señal de corriente alterna es inducida en una bobina de transductor por un imán de seis polos montado en el eje de la hélice. La bobina reside en la porción central no giratoria del conjunto de montaje principal, eliminando la necesidad de anillos colectores y escobillas. Dirección del viento es detectada por la orientación del cuerpo del sensor en forma de fuselaje, que está conectado a un potenciómetro interno. La salida es una señal de tensión analógica directamente proporcional al ángulo de azimut.

ANEXO 8: Imágenes Sensores

Sensor	Modelo	Imagen
Temperatura y Humedad	CS215-L	
Temperatura y Humedad	HC2S3	
Temperatura y Humedad	HMP155A-L	
Presión Barométrica	CS100	
Presión Barométrica	CS106	
Presión Barométrica	092-L	
Precipitación	TE525-L	
Precipitación	TE525MM-L25	
Precipitación	ARG100	
Radiación (con soporte y base)	CS300	
Radiación	LP02	
Radiación (con soporte y base)	LI200X-L34	
Radiación	CMP3	
Radiación	CMP6	
Velocidad y Dirección Viento	03002	
Velocidad y Dirección Viento	05103	

ANEXO 9: Estructuras

Estructura	Marca	Modelo	Descripción
Trípode	Campbell Scientific	CM10/2	Estos trípodes de acero galvanizado son robustos, resistentes a la corrosión y no necesitan cables de retenida. Pueden estar situados en un terreno irregular y se trasladaron de un lugar a otro según sea necesario. Protección contra rayos completa y hardware de conexión a tierra están incluidos, y el manual de instalación cubre el emplazamiento, la preparación, montaje y mantenimiento del sistema. El CM10/2 y CM10/3 constituyen el marco de cientos de estaciones meteorológicas automáticas Campbell Scientific en el Reino Unido y Europa. Pueden replantear en suelos blandos o atornillados a una superficie sólida y son extremadamente estables, incluso en fuertes vientos. Montaje de una estación completa normalmente se necesita una persona menos de dos horas, aunque algunas tareas son más fáciles con dos personas. Una instalación completa, puesta en marcha y mantenimiento también está disponible.
Trípode	Campbell Scientific	CM10/3	
Brazo 1,2 m	Campbell Scientific	CM204	El CM204 es una cruceta que se conecta a una torre de instrumento o un trípode. Proporciona un montaje de sensor robusto, resistente a la intemperie para uno o dos sensores. El CM204 es compatible con nuestros trípodes y torres. También se puede conectar a polo suministrado por el usuario.
Soporte Sensor Solar	Campbell Scientific	CM225	El CM225 se une un soporte para piranómetro o sensor de radiación. El CM225 se compone de una placa rectangular, soporte de montaje, pernos en U, arandelas de seguridad y tuercas.
Base con nivel para Sensor Solar	Campbell Scientific	18356	Proporciona un montaje seguro y estable para la CS300 o SP230. Un tornillo asegura al instrumento a la base de nivelación. El nivel de burbuja y tres tornillos de nivelación permiten al instrumento para ajustarse al nivel de mediciones de radiación solar precisos.
Caja Protectora de 12"x14"	Campbell Scientific	NEMA4	Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua y agua proyectada; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario.
Gabinete	Campbell Scientific	ENC12/14	El Armario ENC12/14 es de tamaño medio y se ha convertido en el gabinete más popular utilizado. En su interior podemos albergar registrador de datos, fuente de alimentación y uno o más sensores periféricos.

ANEXO 10: Imágenes Estructuras

Estructura	Marca	Modelo	Imagen
Trípode	Campbell Scientific	CM10/2	
Trípode	Campbell Scientific	CM10/3	
Brazo 1,2 m	Campbell Scientific	CM204	
Soporte Sensor Solar	Campbell Scientific	CM225	
Base con nivel para Sensor Solar	Campbell Scientific	18356	
Caja Protectora de 12"x14"	Campbell Scientific	NEMA4	
Gabinete	Campbell Scientific	ENC12/14	

ANEXO 11: Cotización Tecnología Omega Limitada a INIA para EMA

TECNOLOGIA OMEGA LTDA. R.U.T. 78.195.950-2
AV. JOSE DOMINGO CAÑAS 1812 – ÑUÑOA - SANTIAGO – CHILE
FONO 223789064 FONO 23224 2552
WWW.TOM.CL INFO@TOM.CL TECNOMEG@ENTELCHILE.NET

SR. Rafael Lopez Olivari
INIA Carillanca

COTIZACION 261016

CAMPBELL SCIENTIFIC INC. WWW.CAMPBELLSCI.COM

Item	Precio total iva ya incluido.
Datalogger CR1000	USD 2.220.-
Panel solar de 10W SP10	USD 275.-
Fuente 12V PS150	USD 408.-
Caja protectora NEMA4 de 12"x14"	USD 671.-
Programa PC400	USD 460.-
Cargador CH150	USD 327.-
Sensor temperatura y hum relativa HMP60-L11	USD 515.-
Panel protector 41303-5	USD 178.-
Sensor velocidad y dirección del viento RM Young 03002-5 con 10m cable	USD 1.058.-
Sensor radiación solar Li-Cor LI200X-L34 Incluye Soporte Metalico CM225 y Base LI2003S	USD 789.-
Temperatura suelo 107-L20	USD 183.-
Pluviometro Texas Electronics TE525MM-L25	USD 604.-
Barómetro CS106	USD 950.-
Sensor temperatura, contenido volumétrico de agua y conductuvidad del suelo CS650-L34 (vara 20 cm)	USD 377.-
Id. Modelo CS655-L34 (vara 12 cm)	USD 363.-
Radiometro Neto NRLite2 con soporte 26120 (dos componentes)	USD 2200.-
Radiometro Neto Apogee SN500 con soporte 26120	USD 2700.-

TECNOLOGIA OMEGA LTDA. R.U.T. 78.195.950-2
AV. JOSE DOMINGO CAÑAS 1812 – ÑUÑOA - SANTIAGO – CHILE
FONO 223789064 FONO 23224 2552
WWW.TOM.CL INFO@TOM.CL TECNOMEG@ENTELCHILE.NET

SR. Rafael Lopez Olivari
INIA Carillanca

COTIZACION 261016

CAMPBELL SCIENTIFIC INC. WWW.CAMPBELLSCI.COM

Item	Precio total iva ya incluido.
CR200X	USD 713.-
CR300	USD 854.-
CR800	USD 1.634.-
CR3000-RC	USD 5.086.-
CR6	USD 2.800.-
05103-45-L34	USD 2.251.-
05108-45-L34	USD 2.912.-
CS616-L34	USD 254.-
CS300 CON BASE Y SOPORTE CM225	USD 590.-
RM YOUNG 52203 CON 10M CABLE	USD 599.-

Precios totales iva ya incluido, equipos entregados en su cualquiere sede de INIA via Chilexpress.-

Equivalente en pesos chilenos según el valor del dólar observado en la fecha que se emita la orden de compra.

Garantìa equipos contra defectos de fabricaciòn: Items fabricados por Campbell Scientific Inc. tienen garantìa 3 años, demás equipos tienen garantía 1 año..

Santiago, 26 de octubre de 2016.- Validez cotización HASTA 30 DICIEMBRE 2016.

Plazo de entrega: 9 semanas a partir de la fecha en que recibamos su orden de compra.-

Forma de pago: 30 dias..

Saluda cordialmente a Ud.,

Boris Friedmann
Gerente de Ventas

ANEXO 12: Cotización "SEGURIEQUIP" para Estructura

SEGURIEQUIP LTDA
INGENIERIA & CONSTRUCCION

PRESUPUESTO

REF: PROYECTO ESTACION METEOROLOGICA – UNIVERDIDAD TECNICA F. SANTA MARIA

Estimado Sr. Roland Kremer:

En atención a su solicitud de cotización, por la fabricación, transporte y montaje de tripodes para estaciones meteorológicas, enviamos a Ud. nuestra siguiente cotización informativa:

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. $	SUB TOTAL $
	ESPECIFICACIÓN TECNICA:				
1	1 Trípode de 2m de altura fabricado en tubo de acero galvanizado al fuego, de 42mm de diámetro exterior, 4 mm de espesor, similar a CM10 / 2 tipo Campbell Scientific. El trípode es de ejecución robusta, adecuado para montar una estación meteorológica automática. No requiere tensores. El CM10 / 2 y CM10 / 3 son trípodes de estaciones meteorológicas automáticas fabricadas principalmente en Europa. Se montan sobre monolitos de hormigón mediante pernos de acero inoxidable de alta reistencia. Son estructuras extremadamente estables, incluso en presencia de fuertes vientos. Nota: El Montaje de una estación completa normalmente requiere de una cuadrilla (3 personas) especializadas en montaje de instrumentos de control electromecánicos. También podemos ofrecer la instalación completa, puesta en marcha y mantenimiento de la estación.	c/u	1	1.980.000	1.980.000
2	Montaje de siguientes equipos y accesorios en el trípode, para captura de datos de estación meteorológica automática: 1 Tablero metálico tipo intemperie con doble tapa y puerta abatible (500mm x 500mm x 200mm), 1 pararayos 1 sistema de conexión a tierra.	c/u	1	925.000	925.000
3	Transporte de equipos, trípode y accesorios desde taller hasta la obra (Región Metropolitana o Quinta región).	c/u	1	140.000	140.000
4	Montaje, interconexion y pruebas.	c/u	1	1.260.000	1.260.000
	TOTAL NETO $				**4.305.000**

Curico, 02 de noviembre de 2016

Condiciones y precios: Los precios son informativos netos sin IVA.
Plazo de entrega: 4 meses, según disponibilidad de personal especializado.
Forma de Pago: a convenir, con anticipo de 50%

Parcelación Los Cristales N°64 Lote 20, Curicó.
Casilla Nº 378 - Curicó
Fono: 75-2316059 - Cel: 66582294 www.seguriequipltda.cl

ANEXO 13: Fotografías Estación Meteorológica La Platina, INIA

Foto 1: EMA La Platina.-

Foto 2: Conexiones EMA La Platina.-

Foto 3: Sensor Temperatura y Humedad.-

Foto 4: Sensor Velocidad y Dirección del Viento.-

Foto 5: Sensor de Radiación Solar.-

Foto 6: Cartel EMA La Platina.-

Foto 7: Sensor de Precipitación.-

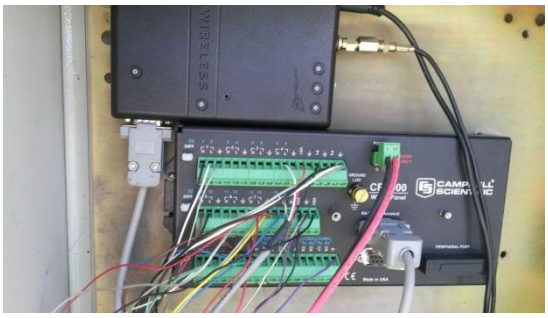


Foto 8: Datalogger CR100 EMA La Platina.-