

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Suficiencia Profesional

Informe de suficiencia profesional de las actividades de mantenimiento y verificación de estaciones meteorológicas automáticas y estaciones de calidad de aire con equipos de bajo volumen (propiedad de sociedad minera Cerro Verde)

Raul Benjamin Pacheco Aroni

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Arequipa, 20

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Guido Mario Cuadros Ramirez
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 27 de Setiembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Informe de suficiencia profesional de las actividades de mantenimiento y verificación de estaciones meteorológicas automáticas y estaciones de calidad de aire con equipos de bajo volumen (propiedad de Sociedad Minera Cerro Verde)

Autor:

Pacheco Aroni Raul Benjamin – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 13 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores N° de palabras excluidas (**en caso de elegir "SI"**): SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por el apoyo incondicional y también por sus buenos consejos que me ayudan a forjarme como persona y como profesional.

A la universidad continental, por brindarme la oportunidad de dar un paso importante en mi vida profesional que me permitirá desenvolver mis habilidades en mi campo de estudio.

DEDICATORIA

A mis padres Sabino y Holga, también a mis hermanos, quienes son mi mayor motivación para lograr mis proyectos.

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA..... | 3 |
| 1.1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA | 3 |
| 1.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA EMPRESA..... | 3 |
| 1.2.1 Control y procesamiento de información ambiental..... | 4 |
| 1.2.2 Servicio de instalación, mantenimiento y verificación de EMAs | 4 |
| 1.2.3 Servicio de instalación, mantenimiento y verificación de equipos muestreadores de partículas y equipos monitores de partículas, con flujo de bajo volumen para ECAs | 5 |
| 1.2.4 Automatización | 5 |
| 1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA | 5 |
| 1.4 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA..... | 7 |
| 1.5 MISIÓN Y VISIÓN..... | 8 |
| 1.5.1 Misión | 8 |
| 1.5.2 Visión..... | 8 |
| 1.5.3 Valores | 8 |
| 1.5.4 Política del Sistema de Gestión Integrado..... | 8 |
| 1.6 BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS | 9 |
| 1.7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLAN LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES..... | 11 |
| 1.7.1 Área: Servicios Ambientales..... | 11 |
| 1.7.2 Descripción de las actividades | 11 |
| 1.8 DESCRIPCIÓN DEL CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA EMPRESA | 15 |
| 1.8.1 Cargo desempeñado | 15 |
| 1.8.2 Capacitación y entrenamiento | 15 |
| 1.8.3 Responsabilidades del bachiller en la empresa..... | 18 |
| 1.8.3.1 Responsabilidades previas a las actividades en campo | 18 |
| 1.8.3.2 Responsabilidades de las actividades en campo | 19 |
| 1.8.3.3 Responsabilidades de las actividades en oficina. | 20 |
| 1.8.3.4 Actividades adicionales | 20 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO II: ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES..... | 21 |
| 2.1 ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL..... | 21 |
| 2.2 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES O NECESIDADES EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL | 22 |
| 2.3 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL | 22 |
| 2.3.1 Objetivo general..... | 22 |
| 2.3.2 Objetivos específicos..... | 22 |
| 2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL | 23 |
| 2.5 RESULTADOS ESPERADOS | 23 |
| | |
| CAPÍTULO III: MARCO TEORICO | 24 |
| 3.1 BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS..... | 24 |
| 3.1.1 Definiciones básicas..... | 24 |
| 3.1.2 Abreviaturas | 25 |
| 3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS | 25 |
| 3.2.1 Especificaciones técnicas de equipo registrador de datos | 26 |
| 3.2.2 Especificaciones técnicas de equipos y componentes meteorológicos ... | 26 |
| 3.2.3 Especificaciones técnicas de equipos de calidad de aire | 31 |
| 3.2.4 Especificaciones técnicas de equipos de medición y comparación | 33 |
| | |
| CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES..... | 35 |
| 4.1 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES | 35 |
| 4.1.1 Enfoque de las actividades profesionales..... | 35 |
| 4.1.2 Alcance de las actividades profesionales | 35 |
| 4.1.3 Entregables de las actividades profesionales | 35 |
| 4.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL | 38 |
| 4.2.1 Metodologías | 38 |
| 4.2.2 Técnicas | 38 |
| 4.2.3 Instrumentos..... | 39 |

| | |
|--|----------------|
| 4.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades..... | 40 |
| 4.3 EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES..... | 42 |
| 4.3.1 Cronograma de actividades realizadas..... | 42 |
| 4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales | 43 |
| 4.3.2.1 Verificación e inspección de equipos y herramientas de forma mensual, previa a las actividades en campo. | 43 |
| 4.3.2.2 Planificación de actividades a realizar durante el mes. | 46 |
| 4.3.2.3 Liderazgo..... | 48 |
| 4.3.2.4 Actividades realizadas en Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) 50 | |
| 4.3.2.5 Actividades realizadas en las Estaciones de Calidad de Aire (ECA). 80 | |
| 4.3.2.6 Retiro de equipos y componentes de EMAs y ECAs..... | 112 |
| 4.3.2.7 Elaboración de informe de las actividades de campo. | 113 |
| 4.3.2.8 Actividades adicionales | 113 |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS..... | 115 |
| 5.1 RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS | 115 |
| 5.1.1 Resultado de cumplimiento de actividades realizadas en SMCV | 115 |
| 5.1.2 Resultado obtenido de las EMAs..... | 115 |
| 5.1.3 Resultados obtenidos de contrastación de sensores de EMAs | 122 |
| 5.1.4 Resultados obtenidos de las ECAs con equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL | 161 |
| 5.1.5 Resultados obtenidos de las ECAs con equipos monitores de partículas TEOM | 162 |
| 5.1.6 Resultado de entrega de informes mensuales. | 164 |
| 5.1.7 Resultados obtenidos en seguridad y salud en el trabajo..... | 166 |
| 5.2 LOGROS ALCANZADOS | 167 |
| 5.2.1 Liderazgo..... | 167 |
| 5.2.2 Adquisición de nuevos conocimientos referentes al manejo y operación de equipos | 168 |
| 5.3 DIFICULTADES ENCONTRADAS..... | 168 |
| 5.4 PLANTEAMIENTO DE MEJORAS | 168 |

| | |
|---|-----|
| 5.4.1 Metodologías propuestas | 168 |
| 5.4.2 Descripción de la implementación | 168 |
| 5.5 ANÁLISIS..... | 169 |
| 5.6 APOORTE DEL BACHILLER EN LA EMPRESA I/O INSTITUCIÓN | 170 |
| | |
| CONCLUSIONES..... | 171 |
| RECOMENDACIONES | 172 |
| BIBLIOGRAFÍA | 173 |
| ANEXOS | 176 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1. | Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA)..... | 14 |
| Tabla 2. | Estaciones de Calidad de Aire (ECA)..... | 15 |
| Tabla 3. | Código de colores para inspección..... | 43 |
| Tabla 4. | Verificación de equipos y herramientas..... | 44 |
| Tabla 5. | Evidencia fotográfica de verificación y/o inspección de equipos y herramientas | 45 |
| Tabla 6. | Secuencia para controlar el peligro y reducir el riesgo | 48 |
| Tabla 7. | 04 Principios de Seguridad..... | 49 |
| Tabla 8. | Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Precipitación | 63 |
| Tabla 9. | Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Presión Atmosférica.. | 63 |
| Tabla 10. | Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Temperatura / Humedad..... | 64 |
| Tabla 11. | Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Radiación Global | 64 |
| Tabla 12. | Procedimiento de Mantenimiento de Sensor y Tina de Evaporación .. | 65 |
| Tabla 13. | Verificación de parámetros meteorológicos en campo..... | 66 |
| Tabla 14. | Instalación de sensores de contrastación..... | 69 |
| Tabla 15. | Prueba de funcionamiento sensor de Temperatura y Humedad | 70 |
| Tabla 16. | Prueba de funcionamiento Sensor de Presión Atmosférica | 71 |
| Tabla 17. | Prueba de funcionamiento de Sensor de viento..... | 71 |
| Tabla 18. | Prueba de funcionamiento de Sensor de Radiación Global | 72 |
| Tabla 19. | Prueba de funcionamiento de Sensor de Precipitación | 73 |
| Tabla 20. | Prueba de funcionamiento de Sensor de Evaporación de Nivel..... | 74 |
| Tabla 21. | Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas EMA | 75 |
| Tabla 22. | Accesorios de equipos PARTISOL..... | 82 |
| Tabla 23. | Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Temperatura (PARTISOL) | 84 |
| Tabla 24. | Procedimiento de mantenimiento de Cabezal INLET PM10 (PARTISOL) | 85 |
| Tabla 25. | Procedimiento de mantenimiento de impactador PM2.5_coarse (PARTISOL) | 86 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 26. Procedimiento de mantenimiento de sistema de paso de filtros (PARTISOL) | 87 |
| Tabla 27. Procedimiento de mantenimiento de bomba de succión (PARTISOL) | 88 |
| Tabla 28. Verificación en campo de equipo PARTISOL | 89 |
| Tabla 29. Calibración en campo de equipo PARTISOL | 90 |
| Tabla 30. Accesorios de equipos BGI | 92 |
| Tabla 31. Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Temperatura (BGI) ... | 95 |
| Tabla 32. Procedimiento de Mantenimiento de Cabezal INLET PM10 (BGI) | 96 |
| Tabla 33. Procedimiento de Mantenimiento de Impactador PM2.5 / PM10 (BGI) | 97 |
| Tabla 34. Procedimiento de Mantenimiento de Bomba de Succión (BGI)..... | 98 |
| Tabla 35. Verificación en campo de equipo BGI | 99 |
| Tabla 36. Calibración en campo de equipo BGI | 100 |
| Tabla 37. Accesorios de equipo TEOM..... | 102 |
| Tabla 38. Procedimiento de mantenimiento de sensor de temperatura | 107 |
| Tabla 39. Procedimiento de mantenimiento de cabezal INLET PM10 | 108 |
| Tabla 40. Procedimiento de mantenimiento de Impactador PM2.5_coarse | 109 |
| Tabla 41. Procedimiento de mantenimiento de Bomba de Vacío o Succión | 109 |
| Tabla 42. Procedimiento de mantenimiento de microbalanza oscilatoria | 109 |
| Tabla 43. Verificación en campo de equipo TEOM | 111 |
| Tabla 44. Calibración en campo de equipo TEOM..... | 112 |
| Tabla 45. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Temperatura Ambiente. | 123 |
| Tabla 46. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Temperatura aproximada a 40°C..... | 125 |
| Tabla 47. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Temperatura aproximada a 0°C..... | 128 |
| Tabla 48. Resultado final de contrastación de Sensor de Temperatura (°C) | 130 |
| Tabla 49. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Humedad Ambiente. | 132 |
| Tabla 50. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Humedad Ambiente. | 134 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 51. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Humedad aproximado a 0 %..... | 137 |
| Tabla 52. Resultado final de contrastación de Sensor de Humedad (%) | 139 |
| Tabla 53. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Presión atmosférica..... | 141 |
| Tabla 54. Resultado final de contrastación de Sensor de Presión atmosférica (hPa)..... | 143 |
| Tabla 55. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Velocidad de Viento. | 145 |
| Tabla 56. Resultado final de contrastación de Sensor de Velocidad de viento (m/s) | 147 |
| Tabla 57. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Dirección de Viento. | 148 |
| Tabla 58. Resultado final de contrastación de Sensor de Dirección de viento (°) | 150 |
| Tabla 59. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Radiación Solar. | 151 |
| Tabla 60. Resultado final de contrastación de Sensor de Radiación Solar (W/m ²)..... | 153 |
| Tabla 61. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de las mediciones con el sensor de precipitación. | 155 |
| Tabla 62. Resultado final de contrastación obtenida de las mediciones con el sensor de precipitación (mm) | 157 |
| Tabla 63. Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de las mediciones con el sensor de Evaporación. | 158 |
| Tabla 64. Resultado final de contrastación de Sensor de Evaporación (mm) ... | 160 |
| Tabla 65. Principios de seguridad | 169 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 1. | Actividades principales de la empresa. | 4 |
| Figura 2. | Organigrama organizacional de la empresa..... | 7 |
| Figura 3. | Ubicación Estaciones de Meteorológicas Automáticas y Estaciones de Calidad de Aire..... | 13 |
| Figura 4. | Equipo registrador de datos (Datalogger). | 26 |
| Figura 5. | Sensor de Temperatura / Humedad. | 27 |
| Figura 6. | Sensor de Presión Atmosférica. | 27 |
| Figura 7. | Sensor de Radiación Global..... | 28 |
| Figura 8. | Sensor de Velocidad / Dirección de Viento. | 29 |
| Figura 9. | Sensor de Precipitación. | 29 |
| Figura 10. | Calibrador de sensor de precipitación. | 30 |
| Figura 11. | Sensor de Evaporación. | 30 |
| Figura 12. | Sensor y Tina de evaporación..... | 31 |
| Figura 13. | Equipos monitor de aire TEOM 1405D y 1405DF. | 31 |
| Figura 14. | Equipo muestreador de partículas BGI PQ200. | 32 |
| Figura 15. | Equipo muestreador de partículas PARTISOL 2025iD..... | 33 |
| Figura 16. | Calibrador vernier universal..... | 33 |
| Figura 17. | Calibrador de flujo de aire. | 34 |
| Figura 18. | Cronograma de actividades de las actividades profesionales. | 42 |
| Figura 19. | Cronograma de actividades planificado | 47 |
| Figura 20. | Cerco de enmallado metálico de EMA. | 51 |
| Figura 21. | Instalación de estructura de soporte. | 52 |
| Figura 22. | Instalación de Mástil meteorológico. | 54 |
| Figura 23. | Instalación de sensor de Temperatura / Humedad..... | 55 |
| Figura 24. | Instalación de sensor de Presión Atmosférica..... | 56 |
| Figura 25. | Instalación de sensor de Precipitación. | 57 |
| Figura 26. | Instalación de sensor de Radiación Global. | 58 |
| Figura 27. | Instalación de sensor de Evaporación..... | 59 |
| Figura 28. | Instalación de sensor de Velocidad / dirección de Viento. | 60 |
| Figura 29. | Instalación de sistema de energía de 12 voltios..... | 61 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Figura 30. | Instalación de equipo Datalogger..... | 62 |
| Figura 31. | Monitoreo remoto de EMA haciendo uso de un teléfono inteligente. | 67 |
| Figura 32. | Monitoreo remoto de EMA haciendo uso de una computadora..... | 67 |
| Figura 33. | Contrastación de sensores meteorológicos..... | 68 |
| Figura 34. | Gráfica de Intervalos de tolerancia..... | 78 |
| Figura 35. | Gráfica de Comparativo en Función del Tiempo | 79 |
| Figura 36. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos..... | 79 |
| Figura 37. | Cerco metálico de ECA. | 81 |
| Figura 38. | Equipo muestreador de partículas PARTISOL..... | 81 |
| Figura 39. | Altura total de instalación para el funcionamiento de equipos PARTISOL..... | 83 |
| Figura 40. | Equipo muestreador de partículas BGI. | 91 |
| Figura 41. | Altura total de instalación para el funcionamiento de equipos BGI.... | 94 |
| Figura 42. | Altura total de instalación para el funcionamiento de equipos TEOM..... | 104 |
| Figura 43. | Cambio de Filtros de la Microbalanza Oscilatoria..... | 104 |
| Figura 44. | Monitoreo remoto de equipo TEOM haciendo uso de un teléfono inteligente..... | 106 |
| Figura 45. | Monitoreo remoto de Equipo TEOM haciendo uso de una computadora. | 106 |
| Figura 46. | Apoyo en proyectos especiales – Sociedad Minera Cerro Verde.... | 114 |
| Figura 47. | Gráfico horario de Temperatura Ambiente..... | 116 |
| Figura 48. | Gráfico diario de Temperatura Ambiente..... | 117 |
| Figura 49. | Gráfica de registro horario de datos de humedad relativa ambiente..... | 118 |
| Figura 50. | Gráfica de registro diario de datos de humedad relativa ambiente. | 118 |
| Figura 51. | Gráfica de registro horario de datos de presión atmosférica..... | 119 |
| Figura 52. | Gráfica de registro diario de datos de presión atmosférica..... | 120 |
| Figura 53. | Gráfica de rosa de viento..... | 120 |
| Figura 54. | Gráfica de registro horario de datos de Radiación Global..... | 121 |
| Figura 55. | Gráfica de registro diario de datos de Radiación Global..... | 122 |
| Figura 56. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia – Temperatura Ambiente (C°). | 123 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 57. | Gráfica de Comparativo de Temperatura Ambiente en Función del Tiempo. | 124 |
| Figura 58. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Temperatura Ambiente (C°)..... | 124 |
| Figura 59. | Gráfica de Intervalo de Tolerancia – Temperatura aproximada a 40°C. | 126 |
| Figura 60. | Gráfica de Comparativo de Temperatura aproximada a 40°C en Función del Tiempo..... | 126 |
| Figura 61. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Temperatura aproximado a 40°C. | 127 |
| Figura 62. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia – Temperatura aproximado a 0°C | 129 |
| Figura 63. | Gráfica de Comparativo de Temperatura aproximado a 0°C en Función del Tiempo..... | 129 |
| Figura 64. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Temperatura aproximada a 0°C. | 130 |
| Figura 65. | Comparativo de Temperatura Ambiente en función de 24 horas. ... | 131 |
| Figura 66. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia – Humedad R. Ambiente (%).. | 133 |
| Figura 67. | Gráfica de Comparativo de Humedad R. Ambiente en Función del Tiempo. | 133 |
| Figura 68. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Humedad R. Ambiente... | 134 |
| Figura 69. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia – Humedad R. aproximada a 100 %..... | 135 |
| Figura 70. | Gráfica de Comparativo de Humedad R. aproximado a 100 % en Función del Tiempo..... | 135 |
| Figura 71. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Humedad R. aproximado a 100 %..... | 136 |
| Figura 72. | Gráfica de Intervalos de tolerancia – Humedad R. aproximado a 0 %..... | 138 |
| Figura 73. | Gráfica de Humedad R. aproximado a 0 % en Función del Tiempo. | 138 |
| Figura 74. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Humedad R. aproximado a 0 %..... | 139 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Figura 75. | Comparativo de Humedad R. Ambiente en Función de 24 horas. ... | 140 |
| Figura 76. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia – Presión Atm. (hPa). | 142 |
| Figura 77. | Gráfica de Comparativo de Presión Atmosférica en función del Tiempo. | 142 |
| Figura 78. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Presión Atm. (hPa) | 143 |
| Figura 79. | Comparativo de Presión Atmosférica en Función de 24 horas..... | 144 |
| Figura 80. | Intervalos de Tolerancia Velocidad de Viento (m/s). | 145 |
| Figura 81. | Gráfica de Comparativo de Velocidad de Viento en Función del Tiempo. | 146 |
| Figura 82. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos de Velocidad de Viento (m/s). | 146 |
| Figura 83. | Comparativo de Velocidad de Viento en función de 24 horas. | 147 |
| Figura 84. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia de Dirección de Viento (°). | 149 |
| Figura 85. | Gráfica de Comparativo de Dirección de Viento en Función del Tiempo. | 149 |
| Figura 86. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos de Dirección de Viento (°). .. | 150 |
| Figura 87. | Comparativo de Dirección de Viento en función de 24 horas..... | 151 |
| Figura 88. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia – Radiación Solar (%). | 152 |
| Figura 89. | Gráfica de Comparativo de Radiación Solar en Función del Tiempo. | 152 |
| Figura 90. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Radiación Solar (W/m ²). .. | 153 |
| Figura 91. | Comparativo de Radiación Solar en Función de 24 horas. | 154 |
| Figura 92. | Gráfica de Intervalos de Tolerancia – Precipitación (mm). | 156 |
| Figura 93. | Gráfica de Comparativo de Precipitación en Función de 03 Volúmenes de agua. | 156 |
| Figura 94. | Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Precipitación (mm). | 157 |
| Figura 95. | Gráfica de intervalo de tolerancia – Evaporación (mm). | 159 |
| Figura 96. | Gráfica de Comparativo de Evaporación en Función de las 03 mediciones de la altura de agua..... | 159 |
| Figura 97. | Gráfica de Correlacion Lineal de Datos – Evaporación (mm). | 160 |
| Figura 98. | Parámetros registrados de equipo BGI PQ200. | 161 |
| Figura 99. | Parámetros registrados de equipo PARTISOL. | 162 |

| | |
|--|-----|
| Figura 100. Verificación de equipo TEOM..... | 162 |
| Figura 101. Representación gráfica de material particulado. | 163 |
| Figura 102. Gráfica de concentración de material particulado (PM)..... | 164 |
| Figura 103. Entrega de informes en formato PDF y marco fotográfico. | 165 |
| Figura 104. Formato desarrollado de IPERC continuo de las actividades realizadas en campo. | 166 |
| Figura 105. Formato desarrollado de lista de verificación pre-operacional de operadores, vehículos y equipos móviles..... | 167 |

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe de suficiencia profesional, se describe de forma detallada los trabajos que realizo en la empresa A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C., que actualmente es una empresa contratista que trabaja con el área de Medio Ambiente de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.; ambas empresas se ubican dentro de la provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, país Perú.

El cargo que desempeño es de Técnico de Servicios Ambientales, dentro de la unidad minera Cerro Verde y sus alrededores, cuya responsabilidad es supervisar y liderar las actividades en campo que se describen a continuación:

- 1) Mantenimiento y verificación mensual de sensores de estaciones meteorológicas automáticas, conocidas también como “EMA”.
- 2) Mantenimiento y verificación mensual de equipos muestreadores de partículas y equipos monitores de partículas con flujo de bajo volumen, de las estaciones de calidad de aire, conocidas también como “ECA”.
- 3) Monitoreo constante de “EMA”.
- 4) Contratación de sensores meteorológicos.
- 5) Monitoreo constante equipos monitores de partículas de “ECA”, mínimo una vez por semana.
- 6) Instalación y desmontaje de “EMA” y “ECA”.
- 7) Calibración en campo de equipos muestreadores de partículas y equipos monitores de partículas con flujo de bajo volumen de “ECA”.
- 8) Elaboración de informe mensual de las actividades rutinarias y no rutinarias.
- 9) Apoyo en proyectos especiales referentes a piezómetros, flujos y niveles de agua, entre otros.

Para el buen desarrollo de las actividades, también me encargo de solicitar y gestionar permisos y autorizaciones de trabajo (AT) a los encargados de las áreas controladas, a cargo de los ingenieros supervisores de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. De igual modo me encargo de gestionar los equipos y materiales necesarios para cada actividad.

INTRODUCCIÓN

En el presente informe de suficiencia profesional titulado “Informe de suficiencia profesional de las actividades mantenimiento y verificación de estaciones meteorológicas automáticas y estaciones de calidad de aire con equipos de bajo volumen (propiedad de Sociedad Minera Cerro Verde)”, tiene la finalidad de dar a conocer las actividades que realizo en la empresa A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C., que actualmente es una empresa contratista que trabaja con el área de Medio Ambiente de SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A., según las actividades encomendadas a mi cargo que se mencionan a continuación:

- 1) Mantenimiento y verificación mensual de sensores de estaciones meteorológicas automáticas, conocidas también como “EMA”.
- 2) Mantenimiento y verificación mensual de equipos muestreadores de partículas y equipos monitores de partículas con flujo de bajo volumen, de las estaciones de calidad de aire, conocidas también como “ECA”.
- 3) Monitoreo constante de “EMA”.
- 4) Monitoreo constante equipos monitores de partículas de “ECA”, mínimo una vez por semana.
- 5) Instalación y desmontaje de “EMA” y “ECA”.
- 6) Calibración en campo de equipos muestreadores de partículas y equipos monitores de partículas con flujo de bajo volumen de “ECA”.
- 7) Elaboración de informe mensual de las actividades rutinarias y no rutinarias.
- 8) Apoyo en proyectos especiales referentes a piezómetros, flujos y niveles de agua, entre otros.

Estas actividades permiten al área de medio ambiente de Sociedad Minera Cerro Verde SAA., tener un mejor manejo de los datos meteorológicos y de calidad de aire para así tener un registro histórico de calidad. Además, se pueden visualizar de forma remota y en tiempo real gracias a las herramientas de comunicación que se tiene en la actualidad, así mismo mi persona como responsable de las actividades de campo y teniendo todas estas facilidades, puedo acudir a dar

soluciones oportunas ante cualquier falla de funcionamiento que podría presentarse en las EMAs y ECAs.

El presente trabajo de suficiencia profesional se divide en cinco capítulos importantes:

- 1) Capítulo I: Aspectos generales de la empresa.
- 2) Capítulo II: Aspectos generales de las actividades profesionales.
- 3) Capítulo III: marco teórico.
- 4) Capítulo IV: descripción de las actividades profesionales.
- 5) Capítulo V: resultados.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

| | | |
|--------------|---|---|
| Razón Social | : | A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C. |
| Ruc | : | 20456234918 |
| Dirección | : | Av. Arequipa N° 906 Urb. Semi Rural Pachacutec. |
| Distrito | : | Cerro Colorado. |
| Provincia | : | Arequipa. |
| Departamento | : | Arequipa. |
| País | : | Perú. |

1.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE LA EMPRESA

Es una empresa Arequipeña que realiza servicios de consultoría, elaboración de proyectos, monitoreo de calidad de aire, control y procesamiento de información ambiental (calidad de aire), control y procesamiento de información meteorológica.

Brinda servicios de instalación, mantenimiento, verificación y reparación de equipos ambientales y meteorológicos tales como:

Equipos muestreadores de material particulado.

Equipos monitores de material particulado.

Equipos y sensores meteorológicos.

También brinda servicios de automatización de diferentes equipos relacionados con geotecnia, flujos de agua en tuberías, entre otros; que son muy útiles para diferentes sectores productivos. Así mismo brinda servicios de

asesoramiento y soporte continuo, ofreciendo tecnologías eficientes que se acomoda a las necesidades de los clientes.

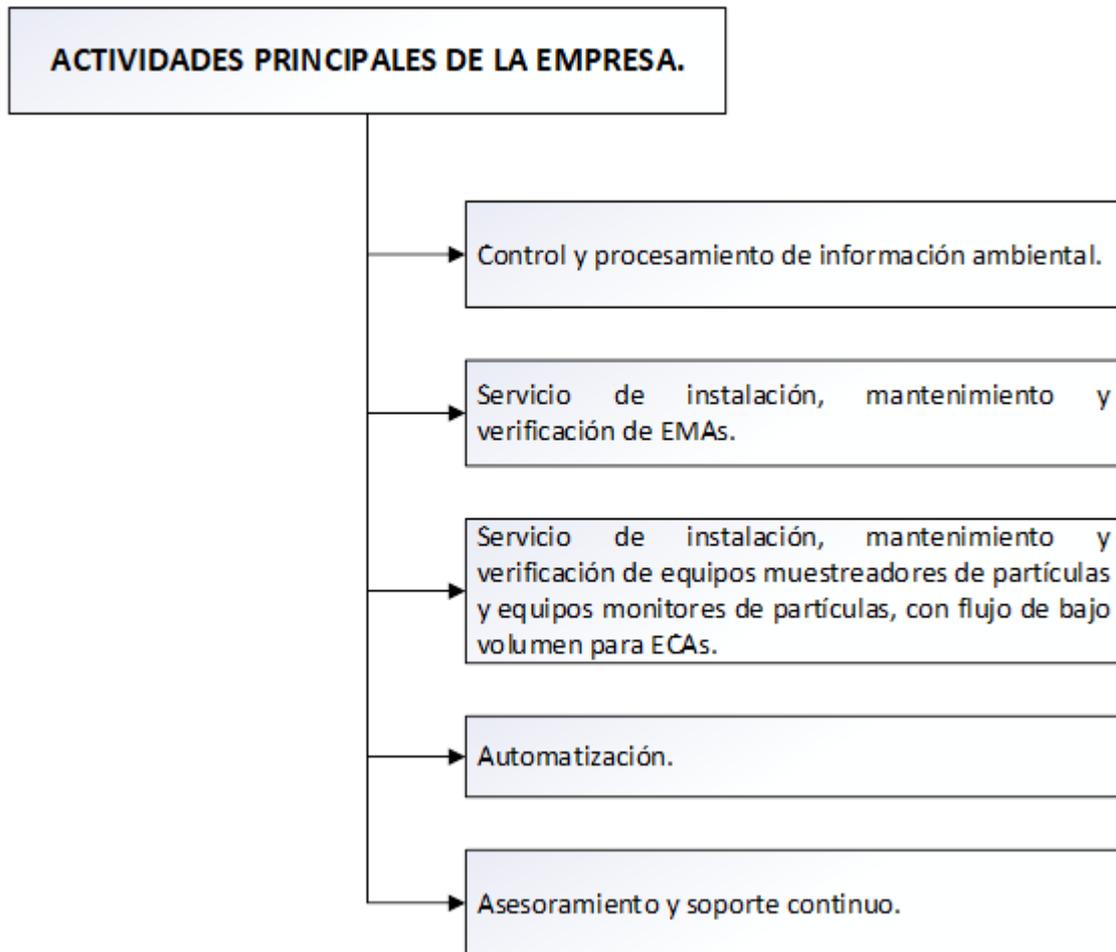


Figura 1. Actividades principales de la empresa.

1.2.1 Control y procesamiento de información ambiental

Este servicio tiene como objetivo realizar la verificación de datos ambientales de forma minuciosa, haciendo uso de procedimientos estadísticos para confirmar su fiabilidad. De esta forma, el cliente podrá tener datos totalmente válidos, que los aplicará para el desarrollo de diversos estudios e investigaciones.

1.2.2 Servicio de instalación, mantenimiento y verificación de EMAs

El servicio de instalación se realiza utilizando los equipos y sensores más robustos que existen el mercado para garantizar su durabilidad y fiabilidad.

También se brinda servicios de mantenimiento y verificación periódica para garantizar que los datos obtenidos sean totalmente válidos.

1.2.3 Servicio de instalación, mantenimiento y verificación de equipos muestreadores de partículas y equipos monitores de partículas, con flujo de bajo volumen para ECAs

El servicio de instalación se realiza utilizando los equipos más fiables que cuenten con certificación internacional. También se brindan servicios de mantenimiento y verificación periódica para garantizar el correcto funcionamiento al momento de realizar los monitoreos de calidad del aire.

1.2.4 Automatización

Este servicio consta de instalar equipos de comunicación en las EMAs, ECAs y en diversos sensores, lo que permite tener la facilidad de obtener y observar datos de forma remota, desde cualquier ordenador o dispositivo móvil. Los dispositivos más utilizados son antenas de largo alcance, modem celular, equipos con conexión a fibra óptica.

1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C., es una empresa consultora fundada el 13 de octubre del año 2011, por dos personas naturales que se mencionan a continuación:

Ing. Alan M. Villarroel Paredes.

Ing. Frank S. Villarroel Paredes.

La empresa comenzó realizando trabajos relacionados con Estaciones Meteorológicas Automáticas para el área de Recursos Hídricos de Southern Peru Copper Corporation. Más tarde empezó a trabajar para el área de Medio Ambiente de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. y por último con la Compañía Minera Antapaccay S.A., con quienes continúa trabajando en la actualidad; así mismo, también brinda trabajos de asesoría a las empresas como ALS, EGASA, SGS.

Principales clientes:

- Southern Peru Copper Corporation.

- Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.
- Compañía Minera Antapaccay S.A.

1.4 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

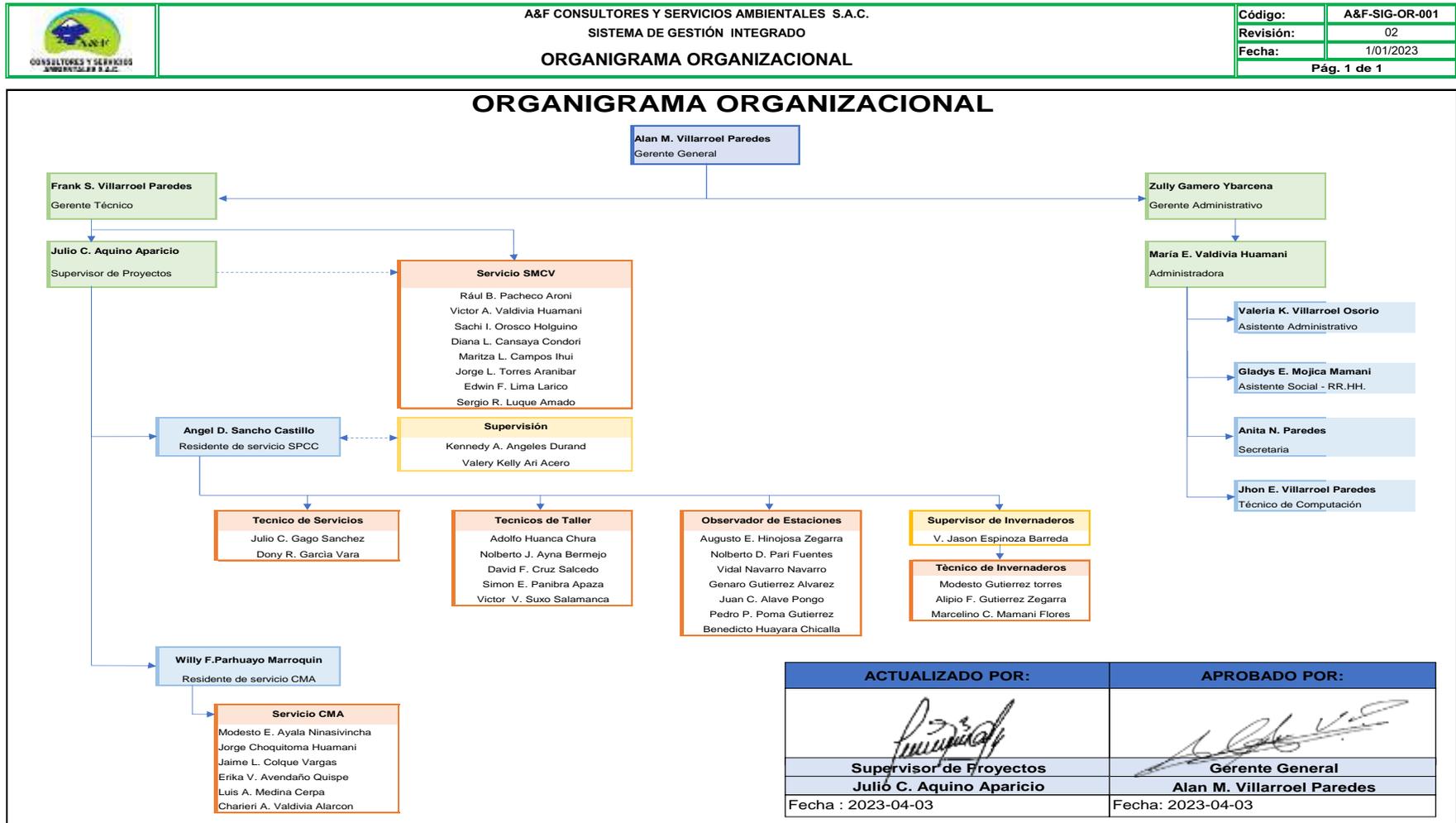


Figura 2. Organigrama organizacional de la empresa.
Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

1.5 MISIÓN Y VISIÓN

1.5.1 Misión

Brindar a nuestros clientes servicios de consultoría, mantenimiento e instalación de equipos ambientales, acorde con los más exigentes estándares establecidos de calidad, experiencia, profesionalismo, confiabilidad, seguridad y responsabilidad socio-ambiental.

1.5.2 Visión

Ser la empresa de consultoría y servicios ambientales más competitiva y confiable del país; brindando soluciones y servicios con un nivel de calidad certificada y reconocida a nivel nacional, basados en nuestra experiencia técnica y compromiso socio-ambiental.

1.5.3 Valores

Nuestros Valores nos distinguen y orientan:

- Responsabilidad y respeto.
- Integridad.
- Trabajo en equipo.
- Confianza y compromiso.
- Mejora continua.

1.5.4 Política del Sistema de Gestión Integrado

A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C. es una empresa líder dedicada a prestar Servicios de Instalación y Mantenimiento de Equipos Ambientales y otros, en diferentes sectores productivos en general, se compromete en la participación plena de todos sus integrantes en la mejora continua de sus actividades, a través de su Sistema de Gestión Integrado.

La empresa considera que debe ser una organización de referencia en los servicios que presta y por ello comprende aplicar un buen gobierno corporativo, una buena Gestión de Calidad, un compromiso en el cuidado del Medio Ambiente y el cumplimiento con la Seguridad y Salud en el trabajo, permitiéndonos:

- Ofrecer servicios de instalación y mantenimiento de equipos ambientales y otros de manera confiable, mejorando continuamente nuestros estándares de eficacia y eficiencia. Asegurar la satisfacción de nuestros clientes, en todas las etapas de nuestros procesos y servicios.
- Asegurar que todos los integrantes de la empresa tengan un compromiso en el uso adecuado y racional de los recursos a fin de minimizar el consumo y reducir la generación de residuos, reduciendo la contaminación y favoreciendo la preservación del medio ambiente.
- Tomar todas las acciones necesarias para la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales de todos nuestros colaboradores y personal externo que se encuentre en nuestras instalaciones, a través de la identificación de peligros, control y mitigación de riesgos que comprende cada actividad de nuestra labor.
- Asegurar el compromiso de cumplir con la normatividad vigente y otros compromisos voluntariamente aceptados.

1.6 BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS

- A&F-SGI-DG-005 Reglamento Interno de Trabajo 2022.
- A&F: PETS “Instalación, verificación y mantenimiento de estaciones meteorológicas automáticas”.
- A&F: PETS “montaje y desmontaje de sensor de viento”.
- A&F: Procedimiento escrito de "mantenimiento, verificación y calibración de equipos calidad de aire de bajo volumen (LOW VOL)".
- A&F: PETS “Uso de herramientas manuales”.
- A&F: PETS “Manejo de fatiga en el trabajo”.
- A&F: PETS “Manejo de camioneta”.
- A&F: Procedimiento “Comunicación en tormenta eléctrica”.
- SMCV: SSOPr0001 Identificación de Peligros Evaluación y Control Riesgos v20.
- SMCV: SSOst0001 Estándar de Seguridad para la Inspección de Herramientas, Equipos e Instalaciones.
- SMCV: SSOst0003 Estándar de Seguridad para Orden y Limpieza.

- SMCV: SSOst0004 Estándar de Seguridad para Demarcación de Áreas.
- SMCV: SSOst0012 Estándar de Seguridad para la Conservación del Oído.
- SMCV: SSOst0016 Estándar de Seguridad Programa de protección Respiratoria.
- SMCV: SSOst0023 Estándar de Seguridad para Señalización.
- SMCV: SSOst0025 Estándar de Seguridad para Selección, Distribución y Uso de EPP.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI - 2013) – Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas (1).
- Volume IV (U.S. E.P.A 2008): Meteorological Measurements Version 2.0 (Final). Environmental Protection Agency (U.S. E.P.A): Meteorological (2).
- Monitoring Guidance for Regulatory Modeling Applications. February.
- 2000.
- World Meteorological Organization (WMO): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation.
- MANUAL 5 Instituto Nacional de Ecología de México: Protocolo de manejo de datos de calidad de Aire.
- AENOR (2004) Norma Española UNE 500540: Redes de estaciones meteorológicas automáticas: Directrices para la validación de registros.
- Quality Assurance Guidance Document 2.12 1998: Monitoring PM in 2.5 Ambient Air Using Designated Reference orb Class I Equivalent Methods.
- Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.

1.7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE SE DESARROLLAN LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

1.7.1 Área: Servicios Ambientales

El área de Servicios Ambientales se encarga de ejecutar las actividades técnicas que consta de:

- Configuración de equipos Datalogger (Equipo de almacenamiento de datos) para el uso en EMAs, ECAs, equipos de geotecnia, flujos de agua, entre otros.
- Calibración y prueba en campo y gabinete de equipos ambientales, meteorológicos entre otros, así mismo brinda soporte continuo de dichos equipos.
- Instalación, mantenimiento y verificación de equipos ambientales, meteorológicos entre otros.
- Monitoreo de equipos de calidad de aire.

El área de servicios ambientales consta de personal capacitado que garantiza la calidad en todos los trabajos y actividades que se les asigna, y cuenta con los siguientes profesionales:

- Gerente general.
- Gerente técnico.
- Supervisor de proyectos.
- Especialistas técnicos.

1.7.2 Descripción de las actividades

En siguiente informe se detallan las actividades realizadas por parte de la empresa A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C. para el cliente Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

A. Datos generales del cliente:

Nombre o razón social : Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.
RUC : 20170072465
Dirección : Calle Jacinto Ibáñez Nro. 315
Distrito : Arequipa
Provincia : Arequipa
Departamento : Arequipa
País : Perú

B. Datos generales del contrato:

Nombre del contrato: “SERVICIO DE INSTALACIÓN, RETIRO, MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE CON EQUIPOS DE BAJO VOLUMEN DE SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE”

Numero de contrato: 37032200125

Fecha de inicio y termino del contrato: Del 01/04/2022 al 31/03/2025

C. Ubicación:

Las Estaciones de Meteorológicas Automáticas y Estaciones de Calidad de Aire, están ubicadas en el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa, distribuidos dentro del Asentamiento Minero de Sociedad Minera Cerro Verde y sus alrededores, comprenden la jurisdicción de los distritos de Quequeña, Yarabamba, Socabaya, Hunter, Tiabaya y Uchumayo.



Figura 3. Ubicación de Estaciones Meteorológicas Automáticas y Estaciones de Calidad de Aire

D. Listado de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) y Estaciones de Calidad de Aire (ECA)

Las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) son 13 según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 1.

Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA)

| N° | EMA |
|-----------|-----------------|
| 01 | SUR |
| 02 | NORTE |
| 03 | SR – ESTE |
| 04 | CERRO VERDE |
| 05 | SAN JOSE |
| 06 | ENLOZADA |
| 07 | ALTO HUAYRONDO |
| 08 | YARABAMBA |
| 09 | BANCO MINERO |
| 10 | PISCO |
| 11 | PATIO DE BOMBAS |
| 12 | PATIO DE LLAVES |
| 13 | CERRO NEGRO |

Fuente: Elaboración propia.

Las Estaciones de Calidad de Aire (ECA) son 18, con equipos muestreadores de partículas y equipos monitores de partículas, con flujo de bajo volumen según se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Estaciones de Calidad de Aire (ECA)

| N° | ECA | EQUIPO DE CALIDAD DE AIRE |
|----|---------------------------|---------------------------|
| 01 | C1 | TEOM 1405D |
| 02 | C2T2 | TEOM 1405D |
| 03 | ALTO HUAYRONDO | TEOM 1405DF |
| 04 | SR – ESTE | TEOM 1405D |
| 05 | HUAYRONDO | BGI PQ200 |
| 06 | BANCO MINERO | BGI PQ200 |
| 07 | SUR 2 | BGI PQ200 |
| 08 | PRESA DE RELAVES | BGI PQ200 |
| 09 | CHANCADO 2 | BGI PQ200 |
| 10 | HUNTER | BGI PQ200 |
| 11 | TIABAYA | BGI PQ200 |
| 12 | PPJJ CERRO VERDE | BGI PQ200 |
| 13 | YARABAMBA | BGI PQ200 |
| 14 | QUEQUEÑA | BGI PQ200 |
| 15 | MIRADOR 2 | BGI PQ200 |
| 16 | IE CORAZÓN DE JESÚS | BGI PQ200 |
| 17 | LA MANSION | PARTISOL 2025iD |
| 18 | MUNICIPALIDAD DE SOCABAYA | PARTISOL 2000iD |

Fuente: Elaboración propia.

1.8 DESCRIPCIÓN DEL CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA EMPRESA

1.8.1 Cargo desempeñado

El cargo que desempeño es de “Técnico de Servicios Ambientales”, que consiste en realizar el mantenimiento y verificación mensual de EMAs y ECAs, para garantizar el correcto funcionamiento.

1.8.2 Capacitación y entrenamiento

Para el correcto desarrollo de las actividades cuento con las siguientes constancias de capacitación:

A. Capacitaciones recibidas para realizar trabajos en Sociedad Minera Cerro Verde SAA

- Capacitación de Estándares de Seguridad – Reglas para Vivir; desarrollado el 26 de diciembre del 2023 (TECSUP).
- Capacitación de Estándares de Seguridad - Reglas para Vivir; desarrollado el 14 de octubre de 2022 (TECSUP).
- Capacitación de Manejo Defensivo y/o Transporte de Personal; En cumplimiento con el artículo 74 - Anexo 6 del Decreto Supremo 024-2016 E.M, desarrollado el 12 de enero de 2022 (TECSUP).
- Capacitación de Estándares de Seguridad - 14 Reglas de Vida; desarrollado el 01 de septiembre de 2021 (TECSUP).
- Capacitación de Trabajos en Altura; en cumplimiento con el artículo 74 - Anexo 6 del Decreto Supremo 024-2016 E.M, desarrollado el 16 de septiembre de 2020 (TECSUP).
- Capacitación de Estándares de Seguridad - 14 Reglas de Vida; desarrollado el 08 de septiembre de 2020 (TECSUP).
- Charla de inducción; en cumplimiento con el artículo 72 del Decreto Supremo 024-2016 E.M; desarrollado del 31 de julio al 01 de agosto de 2019 (TECSUP).

B. Capacitaciones recibidas de la empresa A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

- Mantenimiento preventivo de monitor de material particulado (GRIMM EDM180C); realizado el 09 de marzo de 2023.
- Instalación y mantenimiento de muestreador táctico de material particulado de bajo volumen (MINIVOL TAS), realizado del 11 al 12 de enero del 2023.
- Instalación, mantenimiento y verificación de monitor de material particulado de bajo volumen (TEOM 1405DF), realizado del 12 al 19 de octubre del 2020.

- Instalación y mantenimiento de muestreadores de material particulado de bajo volumen (PARTISOL 2025i), realizado del 03 al 07 de febrero del 2020.
- Instalación y mantenimiento de muestreador de material particulado de bajo volumen (BGI PQ200), realizado del 09 al 13 de diciembre del 2019.
- Instalación y mantenimiento de estaciones meteorológicas CAMPBELL SCIENTIFIC, realizado del 19 al 23 de agosto del 2019.

C. Participación en los cursos recibidos de parte de la empresa GOLEMAN, facilitadas por la empresa A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

- “Curso teórico gestión de seguridad y salud ocupacional basado en el reglamento de seguridad y salud ocupacional y política en seguridad y salud ocupacional”, expedido 02 de agosto del 2023.
- “Curso teórico notificación, investigación y reporte de incidentes, incidentes peligrosos y accidentes de trabajo”, expedido 31 de julio del 2023.
- “Curso teórico respuesta a emergencias por áreas específicas”, expedido 23 de julio del 2023.
- “Curso teórico riesgo eléctrico”, expedido 01 de julio del 2023.
- “Curso teórico identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control”, expedido 01 de julio del 2023.
- Participación en: “Curso teórico higiene ocupacional, disposición de residuos sólidos, control de sustancias peligrosas”, expedido 01 de julio del 2023.
- Participación en: “Curso teórico de uso de equipos de protección personal”, expedido 30 de mayo del 2023.
- “Curso teórico de trabajos en altura”, expedido 15 de mayo del 2023.
- “Curso teórico de seguridad en oficina y ergonomía”, expedido 27 de abril del 2023.
- “Curso teórico de liderazgo, motivación seguridad basada en el comportamiento”, expedido 16 de abril del 2023.

- “Curso teórico de significado y uso de código de colores”, expedido 10 de abril del 2023.

1.8.3 Responsabilidades del bachiller en la empresa

Mis responsabilidades son realizar las actividades para el cliente “Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.”, que se ejecutan de forma mensual. El cliente cuenta con Estaciones Meteorológicas Automáticas EMAs y Estaciones de Calidad de Aire ECAs, mi persona es el responsable de liderar la instalación, desmontaje, monitoreo continuo, calibración, contrastación de sensores meteorológicos, entre otros. Así mismo, soy responsable de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de calidad de aire, y también de los equipos y sensores meteorológicos; a continuación, se describen mis responsabilidades a mayor detalle.

1.8.3.1 Responsabilidades previas a las actividades en campo

- Verificación e inspección de equipos y herramientas de forma mensual, previa a las actividades en campo, en cumplimiento con lo establecido en el **SSOst0001 Estándar de Seguridad para la Inspección de Herramientas, Equipos e Instalaciones – SMCV**.
- Planificación de actividades a realizar durante el mes, que se realiza antes de iniciar las actividades, para ello se elabora el cronograma planificado que se comparte vía correo electrónico, con los siguientes responsables:
 - Gerente técnico A&F (jefe directo).
 - Gerente General A&F
 - Administrador de contratos – Área de Medio Ambiente SMCV.
 - Asistente del administrador de contratos – Área de Medio Ambiente SMCV.
 - Superintendente del Área de Medio Ambiente SMCV.
- Realizar las coordinaciones con el administrador de contratos para gestionar los permisos de ingreso a áreas controladas que se encuentran dentro del asentamiento minero Cerro Verde; tales como:

- Coordinación para gestionar aprobación de AT (autorización de Trabajo).
- Coordinación para gestionar autorización de ingreso a áreas que representen peligrosidad.
- Realizar las coordinaciones con el personal de otras contratistas para poder brindar o recibir apoyo en actividades no rutinarias.

1.8.3.2 Responsabilidades de las actividades en campo

- Liderazgo basado en la seguridad y salud ocupacional.
- Liderazgo en la ejecución de los trabajos realizados en las EMAs.
 - Instalación de sensores y componentes.
 - Mantenimiento y verificación de sensores meteorológicos.
 - Contrastación de sensores meteorológicos.
 - Adición de agua en tina de evaporación.
 - Cambio o reemplazo de sensores o componentes meteorológicos.
 - Desmontaje de equipos y componentes meteorológicos de EMAs.
 - Transporte de equipos y componentes meteorológicos.
 - Verificación de la comunicación remota por modem celular o mediante la red de fibra óptica.
- Liderazgo en la ejecución de los trabajos realizados en las ECAs.
 - Instalación de equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL.
 - Mantenimiento y verificación de equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL.
 - Cambio o reemplazo de componentes o accesorios de equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL.
 - Desmontaje de equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL.
 - Transporte de equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL.
 - Instalación de equipos monitores de partículas TEOM.
 - Monitoreo de equipos monitores de partículas TEOM

- Mantenimiento y verificación de equipos monitores de partículas TEOM.
- Cambio o reemplazo de componentes o accesorios de equipos monitores de partículas TEOM.
- Desmontaje de equipos monitores de partículas TEOM.
- Transporte de equipos monitores de partículas TEOM.
- Verificación de la comunicación remota por modem celular o mediante la red de fibra óptica.
- Calibración de equipos BGI PQ200.
- Calibración de equipos PARTISOL.
- Calibración de equipos TEOM.
- Liderazgo en el retiro de equipos y componentes de EMAs y ECAs.
 - Retiro de equipos y componentes meteorológicos.
 - Retiro de equipos monitores de partículas TEOM y accesorios.
 - Retiro de equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL con sus accesorios.
- Reconocimiento de área para nuevas estaciones.

1.8.3.3 Responsabilidades de las actividades en oficina.

- Recopilación de datos registrados en los cuadernos de campo.
- Recopilación de evidencias fotográficas para su procesamiento.
- Elaboración de informes de actividades mensuales realizadas en campo a partir de las evidencias recopiladas.

1.8.3.4 Actividades adicionales

- Brindar apoyo a las actividades de proyectos especiales, relacionados a geotecnia, sistema de flujo de aguas, sistema de bombeo de aguas entre otros; todas estas actividades se realizan en el interior de las instalaciones de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.
- Apoyo en proyectos especiales dentro del asentamiento minero de Cerro Verde.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1 ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.

La empresa A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C., es una empresa contratista que brinda servicios ambientales al área de Medio Ambiente de la empresa Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., con quienes trabaja desde el año 2015. A la fecha de elaboración del presente informe, se continúan brindando de forma satisfactoria los servicios ambientales mediante el contrato de nombre: “SERVICIOS DE INSTALACIÓN, RETIRO, MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE CON EQUIPOS DE BAJO VOLUMEN DE SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE”, con número de contrato: 37032200125. Dicho contrato tiene como fecha de inicio, el día 01 de abril del 2022, hasta el día 31 de marzo del 2025.

Actualmente me encargo de liderar todas actividades realizadas en campo que se describe en el nombre del contrato, el cual está ubicado dentro del asentamiento Minero Cerro Verde y sus alrededores, comprenden los distritos de Quequeña, Yarabamba, Socabaya, Tiabaya y Uchumayo.

Según las exigencias de la empresa minera, se tiene aprobados todos los documentos de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional para empresas Contratistas, mi responsabilidad se basa en hacer cumplir todo lo indicado en los documentos antes mencionados, durante las actividades realizadas en campo.

La empresa contratista A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C. tiene como representantes:

Gerente General - Alan Villarroel Paredes.

Gerente Técnico - Frank Villarroel Paredes.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES O NECESIDADES EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL

La oportunidad que me brinda la empresa contratista A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C., es acumular experiencia en las especialidades que se desarrollan para el área de Medio Ambiente de SMCV con el contrato de: “SERVICIOS DE INSTALACIÓN, RETIRO, MANTENIMIENTO Y VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE CON EQUIPOS DE BAJO VOLUMEN DE SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE”, así mismo también en proyectos especiales que se desarrollan actualmente. De esta forma, vengo adquiriendo nuevos conocimientos que me permiten aportar en los trabajos que realizo a diario.

Gracias al buen desempeño de mis actividades, he logrado que se fortalezca la confianza depositada en mi persona, por parte el gerente técnico A&F y los funcionarios del área de Medio Ambiente de SMCV, asegurando así mi permanencia dentro de la empresa contratista.

2.3 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

2.3.1 Objetivo general

Cumplir con las actividades asignadas a mi cargo dentro de la empresa contratista A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C., dichas actividades se realizan para el cliente Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

2.3.2 Objetivos específicos

- Liderar el equipo de trabajo y fortalecer la importancia del trabajo en equipo.
- Motivar las buenas prácticas de seguridad y salud en el trabajo.

- Coordinar las actividades con el gerente técnico A&F, personal de SMCV y personal de otras contratistas según sea el caso.
- Reportar cualquier evento relacionado a la actividad.
- Superar los retos que se presenten en el desarrollo de mis actividades.
- Adquirir conocimientos y experiencias relacionadas a mi cargo para proponer mejoras.

2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

Mis actividades profesionales se justifican por la experiencia y conocimientos adquiridos en la empresa que suman 04 años. A lo largo de mi vida laboral demostré tener la capacidad de realizar con satisfacción las actividades encomendadas a mi cargo, por tal motivo me asignaron la responsabilidad de liderar las actividades en campo, que se realizan para el área de medio ambiente de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

Asimismo, demostré tener la capacidad de coordinar los trabajos con el gerente técnico A&F, personal de SMCV y personal de otras contratistas; por lo tanto, soy el responsable de gestionar permisos de trabajo en áreas controladas a cargo de los supervisores de SMCV.

2.5 RESULTADOS ESPERADOS

- Realizar el mantenimiento y verificación mensual de todas las EMAs y ECAs.
- Asegurar el buen funcionamiento de todas las EMAs y ECAs.
- Solucionar problemas de funcionamiento de EMAs y ECAs de forma oportuna.
- Presentar el informe mensual en el plazo establecido.
- Realizar todas las actividades respetando las normas de seguridad y salud en el trabajo.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1.1 Definiciones básicas

Administrador de contrato: Personal de SMCV asignado a gestionar la relación comercial con el contratista en nombre de SMCV.

Mantenimiento y verificación: Conservación y cuidado de equipos, componentes y accesorios que conforman las EMAs y ECAs.

Monitoreo: Es la verificación continua del funcionamiento de los equipos ambientales, que permiten tomar acciones frente al comportamiento del entorno donde se ubican dichos equipos. Así mismo, permite detectar de forma oportuna cualquier evento atípico y registros erróneos de datos.

Procedimiento: Es la manera de ejecutar las actividades rutinarias que se realizan de la misma forma, siguiendo una serie de pasos bien definidos, que permite realizar las actividades de forma correcta y segura.

Personal calificado: Es el personal capacitado y autorizado para realizar trabajos específicos.

Acto subestándar: Son actos inseguros por parte del trabajador que pueden provocar riesgos contra su seguridad y la del resto de los trabajadores.

Condición subestándar: Son condiciones del lugar de trabajo que pueden provocar riesgos contra los trabajadores.

Micras: Millonésima parte de un metro (10⁻⁶).

3.1.2 Abreviaturas

| | |
|------------|---|
| A&F: | A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C. |
| SMCV: | Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. |
| SSO: | Seguridad y Salud Ocupacional. |
| EMA: | Estación Meteorológica Automática. |
| ECA: | Estación de Calidad de Aire. |
| ECA: | Estándar de calidad ambiental. |
| PM: | Material particulado. |
| PM10: | Material particulado menor o igual a 10 micrómetros. |
| PM2.5: | Material particulado menor o igual a 2.5 micrómetros. |
| PMcoarse: | Material particulado menor o igual a 10 micrómetros y mayor a 2.5 micrómetros. |
| PETS: | Procedimiento escrito de trabajo seguro. |
| AT: | Autorización de Trabajo en áreas controladas por un ingeniero supervisor de SMCV. |
| IPERC: | Identificación de Peligros Evaluación de Riesgos y sus controles. |
| SENAMHI: | Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. |
| WMO (OMM): | World Meteorological Organization / Organización Mundial de Meteorología. |
| MINAM: | Ministerio del ambiente. |
| OEFA: | Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. |

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

Para el correcto desarrollo de las actividades realizadas en campo, es necesario conocer las especificaciones técnicas de cada equipo existente en las EMAs y ECAs y de los equipos con los que se realiza la verificación y calibración, lo que permite evitar problemas de funcionamiento por mala manipulación, o daños en los equipos. A continuación, se describen las especificaciones técnicas.

- Rango de Temperatura: -40°C a $+60^{\circ}\text{C}$.
- Precisión: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

Humedad Relativa:

- **Rango de Humedad Relativa:** 0 % a 100 %.
- **Precisión:** ± 1 % RH (de 0 a 90 % de Humedad Relativa).
- ± 1.7 % RH (de 90 a 100 % de Humedad Relativa).



Figura 5. Sensor de Temperatura / Humedad (16)

B. Sensor de presión atmosférica

Marca: VAISALA

Modelo: PTB110

- **Rango de Presión:** 500 a 1100 mb.
- **A Temperatura:** -40 a $+60^{\circ}\text{C}$.
- **Precisión:** ± 0.3 mb a 20°C / ± 0.6 mb. a 0 a 40°C .
- ± 1 mb a -20 a 45°C / ± 1.5 mb. a -40 a 60°C .



Figura 6. Sensor de Presión Atmosférica (16).

C. Sensor de radiación solar o global

Marca: KIPP&ZONEN

Modelo: CMP 3

- Rango de Radiación: de 0 a 2000 W/m².
- Respuesta a Temperatura: < 5 % (-10°C a +40°C).
- Precisión: ±0.3 %.
- Precisión de Nivel de Burbuja: < 0.2°.



Figura 7. Sensor de Radiación Global (6).

D. Sensor de velocidad / Dirección de viento

Marca: GILL

Modelo: WINDSONIC

Velocidad de viento:

- Rango de velocidad de viento: 0 a 75 m/s (4500 mph).
- Precisión: ±2 % a 12 m/s.
- Resolución: 0.01 m/s (0.06 mph).

Dirección de viento:

- Rango de Dirección de viento: 0 – 360° (sin banda muerta).
- Precisión: ±2° a 12 m/s.
- Resolución: 1°.



Figura 8. Sensor de Velocidad / Dirección de Viento (4).

E. Sensor Pluviométrico o de Precipitación

Marca: Texas Electronics

Modelo: TR-525USW

- **Rango:** 700 mm. por hora.
- **Precisión:** 50 mm. por hora, $\pm 1 \%$.
- **Resolución:** 1 tip (0.254 mm)
- **Temperatura de funcionamiento:** 0°C – 50°C.
- **Límite de Humedad:** 0 % – 100 %.



Figura 9. Sensor de Precipitación (14).

F. Calibrador de sensor de precipitación

Marca: YOUNG

Modelo: 52260

- **Alcance de medición:** 1000 ml.
- **División de escala:** 250 ml.



Figura 10. Calibrador de sensor de precipitación (18).

G. Sensor de evaporación

Marca: NOVALYNX

Modelo: 255-100

- **Rango:** 0 mm. – 240 mm.
- **Precisión:** 0.25 %.
- **Resolución:** 0.76 mm.
- **Temperatura de funcionamiento:** -40°C – 60°C.
- **Rotación de potenciómetro:** 360° de forma continua.



Figura 11. Sensor de Evaporación (11).

- **Tina de evaporación:** 1 m (diámetro) x 240 mm. (altura)



Figura 12. Sensor y Tina de evaporación.

4.1.3 Especificaciones técnicas de equipos de calidad de aire

A. Equipo monitor de aire TEOM

Marca: Thermo Fisher Scientific

Modelo: 1405D / 1505DF

- **Método de medición:** Conversión a unidades de ingeniería con tecnología de microbalanza oscilante de elemento cónico (TEOM).
- **Temperatura de funcionamiento:** 8°C – 25°C.
- **Precisión:** ± 0.75 %.
- **Requisitos eléctricos:** 10 - 240VAC, 440VAC 47/63Hz (2.25 A – 4.25 A).
- **Flujo o caudal:**
 - PM2.5: 3.00 lpm.
 - PMcoarse: 1.67 lpm.
 - By pass: 12.00 lpm.



Figura 13. Equipos monitor de aire TEOM 1405D y 1405DF (15).

B. Equipo muestreador de partículas BGI

Marca: MESA LABS

Modelo: PQ200

- **Temperatura de funcionamiento:** -30°C – 50°C.
- **Precisión:** ±2 %.
- **Requisitos eléctricos:** 12VDV (Batería de 12 VDV 18A).
- **Flujo o caudal:** 16.67 lpm.



Figura 14. Equipo muestreador de partículas BGI PQ200 (7).

C. Equipo muestreador de partículas PARTISOL

Marca: THERMO FISHER SCIENTIFIC

Modelo: 2025iD, 2000i-D

- **Temperatura de funcionamiento:** -40°C – 50°C.
- **Requisitos eléctricos:** 3 A (120 VAC); 1.5 A (240 VAC).
- **Flujo o caudal:**
 - PM2.5: 15.00 lpm.
 - PMcoarse: 1.67 lpm.



Figura 15. Equipo muestreador de partículas PARTISOL 2025iD (14).

4.1.4 Especificaciones técnicas de equipos de medición y comparación

A. Calibrador vernier universal

Marca: MITUTOYO

Modelo: 530-114BR

- Alcance de medición: 200 mm.
- Escala: 0.05 mm.



Figura 16. Calibrador vernier universal (9)

B. Calibrador de flujo de aire

Marca: MesaLabs

Modelo: TETRACAL

Rango de medición de flujos:

- Rango de flujo 01: 0 lpm – 1.2 lpm.
- Rango de flujo 02: 1.2 lpm – 06 lpm.
- Rango de flujo 03: 06 lpm – 30 lpm.

Rango de medición de temperatura: -30°C – 55°C (Precisión de 0.5°C).
Rango de presión barométrica: 400 mmHg – 800 mmHg.



Figura 17. Calibrador de flujo de aire (8).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

5.1 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

5.1.1 Enfoque de las actividades profesionales

El enfoque utilizado es de tipo cualitativo, porque en el presente trabajo se da a conocer el contexto de las actividades profesionales desarrolladas para el cliente Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

5.1.2 Alcance de las actividades profesionales

El alcance es de tipo descriptivo, porque en presente trabajo se detalla el desarrollo de mis actividades profesionales.

5.1.3 Entregables de las actividades profesionales

A continuación, se detallan los entregables de las actividades profesionales:

Entregable mensual:

01. Cronograma de actividades SMCV.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

02. Informe de mantenimiento y verificación EMAs SMCV.

ANEXOS

03. EMA Sur.

04. EMA Norte.

05. EMA Chancado Mirador.

06. EMA Cerro Verde.

07. EMA San José.

08. EMA Enlozada.
09. EMA Alto Huayrondo.
10. EMA Yarabamba.
11. EMA Banco Minero.
12. EMA Pisco.
13. EMA Patio de Bombas.
14. EMA Patio de Llaves.
15. EMA Cerro Negro.

ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE (TEOM-1405D_DF, BGI PQ200-PM2.5_PM10, PARTISOL 2025iD_2000i-D)

16. Informe de Mantenimiento y verificación ECAs SMCV.

ANEXOS

17. TEOM 1405D ECA C1.
18. TEOM 1405D ECA C2T2.
19. TEOM 1405D ECA SR - Este.
20. BGI PQ200 ECA Huayrondo PM10.
21. BGI PQ200 ECA Banco Minero PM10.
22. BGI PQ200 ECA Sur 2 PM10.
23. BGI PQ200 ECA Presa de Relaves PM10.
24. BGI PQ200 ECA Chancado 2 PM10.
25. BGI PQ200 ECA Hunter PM2.5.
26. BGI PQ200 ECA Tiabaya PM2.5.
27. BGI PQ200 ECA PPJJ Cerro Verde PM2.5.
28. BGI PQ200 ECA Yarabamba PM2.5.
29. BGI PQ200 ECA Quequeña PM2.5.
30. BGI PQ200 ECA Mirador 2 PM10.
31. BGI PQ200 ECA IE Corazón de Jesús PM2.5.
32. PARTISOL 2025iD ECA La Mansión.
33. PARTISOL 2000i-D ECA Municipalidad de Socabaya.
34. Certificado de calibración de medidor de flujo MESALABS TETRACAL 206580.

ACTIVIDADES NO RUTINARIAS

35. REPORTE 78. Cambio de sensor de temperatura y humedad EMA (Cerro Verde).
46. REPORTE 80. Apoyo y acompañamiento a personal de OEFA ECA (Sur 2A).
41. REPORTE 81. Reconocimiento y verificación de ECA (SR – Este).
42. REPORTE 82. Coordinación en campo para retiro de equipos de Medio Ambiente ECA (Chancado Mirador).

Entregable de cada 06 meses: A diferencia del entregable mensual, en el apartado de EMAs se incluye contrastación; y en el apartado de ECAs se realiza la calibración en lugar de la verificación.

01. Cronograma de actividades SMCV.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS

02. Informe de mantenimiento, verificación y contrastación de EMAs SMCV.

ANEXOS

03. EMA Sur.
04. EMA Norte.
05. EMA Chancado Mirador.
06. EMA Cerro Verde.
07. EMA San José.
08. EMA Enlozada.
09. EMA Alto Huayrondo.
10. EMA Yarabamba.
11. EMA Banco Minero.
12. EMA Pisco.
13. EMA Patio de Bombas.
14. EMA Patio de Llaves.
15. EMA Cerro Negro.

ESTACIONES DE CALIDAD DE AIRE (TEOM-1405D_DF, BGI PQ200-PM2.5_PM10, PARTISOL 2025iD_2000i-D)

16. Informe de Mantenimiento y calibración ECAs SMCV.

ANEXOS

17. TEOM 1405D ECA C1.
18. TEOM 1405D ECA C2T2.
19. TEOM 1405D ECA SR - Este.
20. BGI PQ200 ECA Huayrondo PM10.
21. BGI PQ200 ECA Banco Minero PM10.
22. BGI PQ200 ECA Sur 2 PM10.
23. BGI PQ200 ECA Presa de Relaves PM10.
24. BGI PQ200 ECA Chancado 2 PM10.
25. BGI PQ200 ECA Hunter PM2.5.
26. BGI PQ200 ECA Tiabaya PM2.5.
27. BGI PQ200 ECA PPJJ Cerro Verde PM2.5.
28. BGI PQ200 ECA Yarabamba PM2.5.
29. BGI PQ200 ECA Quequeña PM2.5.
30. BGI PQ200 ECA Mirador 2 PM10.
31. BGI PQ200 ECA IE Corazón de Jesús PM2.5.
32. PARTISOL 2025iD ECA La Mansión.
33. PARTISOL 2000i-D ECA Municipalidad de Socabaya.
34. Certificado de calibración de medidor de flujo MESALABS TETRACAL 206580.

5.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL

5.2.1 Metodologías

La metodología aplicada en el presente trabajo es de tipo cualitativo inductivo, que se relaciona con el enfoque del presente trabajo.

5.2.2 Técnicas

La técnica que se aplica es la observación de datos.

En las EMAs como parte de las actividades de campo se realiza la observación subjetiva de parámetros meteorológicos.

En las ECAs se aplica la observación subjetiva, puesto que se observan los parámetros y valores propios de los equipos instalados. También se realiza la observación de la cantidad registrada de concentración de material particulado.

5.2.3 Instrumentos

A. Instrumentos documentarios aplicados en las actividades de campo:

Procedimientos escritos de trabajo seguro aplicado en la actividad:

- Instalación, verificación y mantenimiento de estaciones meteorológicas automáticas.
- Montaje y desmontaje de sensor de viento.
- Procedimiento escrito de "mantenimiento, verificación y calibración de equipos calidad de aire de bajo volumen (LOW VOL)"
- Uso de herramientas manuales.

Procedimientos escritos de trabajo seguro aplicado según el entorno de la actividad:

- Manejo de fatiga en el trabajo.
- Manejo de camioneta.
- Procedimiento de Comunicación en tormenta eléctrica.

B. Instrumentos utilizados para la medición de parámetros de equipos de calidad de aire y equipos meteorológicos y sus componentes:

- **Calibrador de flujo de aire TETRACAL:** Utilizado para medir y calibrar flujos de succión de los equipos de calidad de aire y también para medir y calibrar parámetros ambientales de temperatura y presión atmosférica.
También es utilizado para comparar parámetros meteorológicos.
- **Calibrador vernier universal:** Utilizado principalmente para medir la altura que ocupa el agua dentro de la tina de evaporación, de esta forma, se realizan ajustes en el sensor de evaporación para obtener datos fiables de evaporación de nivel.

- **Brújula:** Utilizada para identificar el norte, puesto que los paneles solares, sensores de radiación global y sensores de viento o anemómetros, deben estar direccionados hacia el norte.
- **Multímetro:** Utilizado para medir los voltajes del sistema de energía fotovoltaico y equipos de las EMAs, también se utiliza para medir el voltaje de la energía requerida para el funcionamiento de los equipos de calidad de aire.
- **Sensores y equipos meteorológicos para actividades de contrastación de sensores:** Utilizados para realizar contrastación de sensores de EMAs.

5.2.4 Equipos y materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

Para las actividades que se realizan en campo y oficina se requieren de los siguientes equipos y materiales:

A. Oficina:

- Computadora de escritorio CORE I5.
- Celular.
- Útiles de escritorio.

B. Campo:

- Camioneta Pick Up 4X4 con sus elementos de seguridad (Tacos y conos), pico y pala.
- Check list de verificación preoperacional de Camioneta Pick Up 4X4.
- EPPs básicos (Casco de seguridad, chaleco de seguridad, zapatos de seguridad, gafas de seguridad con luna clara y oscura, Guantes de seguridad tipo flex y de badana).
- Radio de comunicaciones portátil.
- Escalera tipo tijera de 06 pasos.
- Herramientas de trabajo (Destornilladores plano y estrella, llaves mixtas, llaves tipo Allen, alicates, entre otros).
- Calibrador de flujos para equipos de bajo volumen.
- Sopladora de aire.

- Isotankue de agua con capacidad de 1000 litros.
- Brújula.
- GPS.
- Vernier.
- Multímetro digital.
- Cuaderno de campo.
- Lapicero.
- Celular de uso exclusivo para las actividades de campo.

5.3 EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

5.3.1 Cronograma de actividades realizadas

| CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|-----------|
| 2023 | AGOSTO | | | | | |
| LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO |
| | 01 Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | 02 Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | 03 Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | 04 Mantenimiento y verificación de sensores. EMA (Norte) Mantenimiento y verificación de equipo TEOM 1405DF; se realizó cambio de filtros de la microbalanza oscilatoria y filtros laterales de 47mm, se registró corte de energía el día 03 agosto del 2023; a partir de las 10:00 a 15:00 horas. ECA (Chancado Mirador) Monitoreo de equipo TEOM 1405D de 13:37 a 13:44 horas. ECA (C1) | 05 Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | 06 |
| 07 Mantenimiento y verificación de sensores. EMA (Banco Minero, Yarabamba) Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM2.5_10. ECA (Banco Minero, Yarabamba, Quequeña) | 08 Mantenimiento y verificación de sensores. EMA (Sur, Pisco, Cerro Verde) Se realizó cambio de sensor de Temperatura/Humedad en EMA (Cerro Verde); Sensor antiguo Marca: VAISALA Modelo: HMP45C N°serie: D4420089; / Sensor nuevo Marca: VAISALA Modelo: HMP155A N° serie: T3050927. | 09 Mantenimiento y verificación de sensores. EMA (Patio de Bombas, Enlozada) Mantenimiento y verificación de equipo TEOM 1405D de 11:30 a 12:31 horas. ECA (C1) Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM10. ECA (Presa de Relaves) | 10 Mantenimiento y Verificación de Sensores. EMA (Chancado Mirador, Alto Huayrondo) Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF. ECA (C1, Chancado Mirador, Stock Pile C2) | 11 Mantenimiento y verificación de equipo TEOM 1405D, se realizó cambio de filtros de la microbalanza oscilatoria de 09:27 a 10:21. ECA (Stock Pile C2) Mantenimiento y verificación de equipo TEOM 1405D, se realizó cambio de bomba de succión de 12:08 a 13:23. ECA (C2T2) Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM10. ECA (Chancado 2) | 12 Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | 13 |
| 14 Acompañamiento y apoyo a Felix Ventura personal de OEFA. ECA (IE Corazón de Jesús, Sur 2A). Mantenimiento y Verificación de Equipo BGI PQ200 PM2.5_10. ECA (IE Corazón de Jesús, Sur 2A, PPJJ Cerro Verde, Tiabaya) Monitoreo del equipo TEOM 1405D_DF. ECA (Chancado Mirador, C1, C2T2, Stock Pile C2) Descarga de data cruda EMA (Cerro Verde, Sur, Norte). | 15 FERIADO | 16 Monitoreo de equipo TEOM 1405D, se realizó cambio de filtros de la microbalanza oscilatoria de 10:39 a 10:50 hrs. ECA (C1) Monitoreo de equipo TEOM 1405D de 11:12 a 11:18 hrs. ECA (Chancado Mirador) Monitoreo de equipo TEOM 1405D de 14:10 a 14:18 hrs. ECA (Stock Pile C2) Mantenimiento y verificación de sensores. EMA (Cerro Negro) | 17 Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM10. ECA (Huayrondo, Mirador 2) Monitoreo de equipo TEOM 1405D. ECA (C1, Chancado Mirador) | 18 Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF. ECA (C1, Chancado Mirador, C2T2, Stock Pile C2) | 19 Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | 20 |
| 21 Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF. ECA (C1, Chancado Mirador, C2T2, Stock Pile C2) Reconocimiento y verificación de ECA (SR-Este). | 22 Visita a Estación (Chancado Mirador) por parte del personal de proyectos SMCV y Amed Galvez, para coordinar el retiro de equipos de Medio Ambiente. Desmontaje de equipo TEOM 1405D N°serie: 1405A249042111 en ECA (Stock Pile 2), el equipo se trasladó a ECA (SR-Este). Instalación de equipo TEOM 1405D N°serie: 1405A249042111, se realizó verificación de flujos y se verificó el correcto funcionamiento del equipo en ECA (SR-Este). Monitoreo de equipo TEOM 1405DF. ECA (Chancado Mirador) | 23 Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM2.5. ECA (Hunter) Llenado de tina de evaporación. EMA (Banco Minero, Yarabamba, Norte) Monitoreo de equipo TEOM1405D_DF. ECA (SR-Este, C1, Chancado Mirador) | 24 Llenado de tina de evaporación. EMA (Patio de Bombas, Chancado Mirador, Alto Huayrondo, Enlozada) Verificación de equipo BGI PQ200 PM10 en ECA (Mirador 2). Monitoreo de equipo TEOM 1405DF. ECA (Chancado Mirador) Monitoreo de equipo TEOM 1405D; se facilitó el ingreso a Yach Diaz personal de AGM para trabajos de instalación de cable de Ethernet en el interior de la estación. ECA (SR-Este) | 25 Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF. ECA (C1, Chancado Mirador, SR-Este) Llenado de tina de evaporación. EMA (Cerro Verde, Sur, Pisco) | 26 Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF. ECA (SR-Este, Chancado Mirador, C1) | 27 |
| 28 Mantenimiento y verificación de equipo PARTISOL 2025ID. ECA (La Mansión) Mantenimiento y verificación de equipo PARTISOL 2000i-D. ECA (Municipalidad de Socabaya) Mantenimiento y verificación de sensores. EMA (Patio de Llavas) | 29 Facilidad de acceso y acompañamiento a Felix Ventura personal de OEFA en ECA (IE Corazón de Jesús, Sur 2A). Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF. ECA (Chancado Mirador, SR-Este) Monitoreo de equipo TEOM 1405D, se realizó cambio de filtros de la microbalanza oscilatoria de 15:20 a 15:33 horas. ECA (C1) Mantenimiento y verificación de sensores. EMA (San José) Se prestó llave de ECA (Sur 2A) al personal de SERGEAR para trabajos de pintado de cercos en la zona. | 30 FERIADO | 31 Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | | | |

Figura 18. Cronograma de actividades de las actividades profesionales.

5.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

5.3.2.1 Verificación e inspección de equipos y herramientas de forma mensual, previa a las actividades en campo.

- En los primeros días de cada mes, se realiza la verificación de equipos y herramientas que se utilizarán en las actividades diarias para SMCV.
- Siguiendo las exigencias del cliente, se realiza la inspección de equipos y herramientas de forma trimestral, con el objetivo de cumplir con lo establecido en el SSOst0001 Estándar de Seguridad para la Inspección de Herramientas, Equipos e Instalaciones – SMCV. Después de cada inspección de equipos y herramientas, estas serán adosadas con una cinta adhesiva según se indica en la siguiente tabla

Tabla 3.

Código de colores para inspección.

| MES | COLOR |
|---------------------|--------|
| Enero – Marzo | Negro |
| Abril -Junio | Blanco |
| Julio – Septiembre | Verde |
| Octubre – Diciembre | Azul |

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde SAA.

- A los equipos y herramientas se les realiza una verificación mensual y una inspección trimestral, según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4.

Verificación de equipos y herramientas

| VERIFICACIÓN y/o INSPECCIÓN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | | | | |
|---|---------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------|----------|---------------|----------------|---------------|
| ITEM | Enchufe | Sistema eléctrico / electrónico | Batería / pilas | Teclas de control / botones | Sensores | Mantenimiento | Estado general | Observaciones |
| 1. EQUIPOS | | | | | | | | |
| Calibrador de flujos TETRACAL | N/A | B | B | B | B | B | Conforme | - |
| Pantalla de control | N/A | B | N/A | B | N/A | B | Conforme | - |
| Multímetro digital | N/A | B | N/A | B | N/A | B | Conforme | - |
| Inversor de corriente | N/A | B | N/A | B | N/A | B | Conforme | - |
| 2. HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS | | | | | | | | |
| Sopladora eléctrica | B | B | N/A | B | N/A | B | Conforme | - |
| Atornillador | B | B | N/A | B | N/A | B | Conforme | - |
| 3. INSTRUMENTOS | | | | | | | | |
| Vernier | | | | | | B | Conforme | - |
| Brújula | | | | | | B | Conforme | - |
| 4. HERRAMIENTAS MANUALES | | | | | | | | |
| Destornilladores | | | | | | B | Conforme | - |
| Alicates | | | | | | B | Conforme | - |
| Pela cables | | | | | | B | Conforme | - |
| Llaves mixtas | | | | | | B | Conforme | - |
| Chicharra con juego de dados | | | | | | B | Conforme | - |
| Brochas | | | | | | B | Conforme | - |
| Espátulas | | | | | | B | Conforme | - |
| Llaves tipo alen y tor | | | | | | B | Conforme | - |
| Cinta métrica | | | | | | B | Conforme | - |
| Martillo | | | | | | B | Conforme | - |
| Llaves Stilson | | | | | | B | Conforme | - |
| Nivel de Burbuja | | | | | | B | Conforme | - |
| Escalera tipo tijera | | | | | | B | Conforme | - |

| EVALUACIÓN | |
|------------|-----------|
| B | Bueno |
| M | Malo |
| N/A | No aplica |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.

Evidencia fotográfica de verificación y/o inspección de equipos y herramientas

**EVIDENCIA FOTOGRAFICA DE:
VERIFICACION y/o INSPECCION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS**



Foto 01: Calibrador de flujos



Foto 02: Multímetro digital



Foto 03: Pantalla de control



Foto 04: Destornilladores



Foto 05: Llaves Mixtas



Foto 06: Brochas



Foto 07: Sopladora eléctrica



Foto 08: Vernier



Foto 09: Calibrador de flujos



Foto 10: Set completo de equipos y herramientas.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2 Planificación de actividades a realizar durante el mes.

Antes de iniciar con las actividades mensuales, me encargo de elaborar el Cronograma de actividades planificado, donde se detalla el orden cronológico para ejecutar el trabajo, para ello se deben tener los siguientes criterios y consideraciones:

- Se considera los días feriados según el calendario.
- Ubicación de las estaciones.
- Distancias entre estaciones.
- Accesibilidad, estado de vías de acceso.
- Frecuencia de actividades en una misma estación durante el mes.
- Gestión de equipos y materiales faltantes según sea necesario.

Al finalizar con la elaboración del cronograma de actividades, se comparte vía correo electrónico en archivo con extensión PDF. El correo va dirigido al administrador de contrato de SMCV, con copia al Superintendente del Área de Medio Ambiente de SMCV, al Gerente Técnico A&F, al Gerente General A&F y al Supervisor de Proyectos A&F. Una vez que se pone en conocimiento a toda la línea de mando, se inicia con las actividades planificadas para el mes en cuestión.

Las actividades realizadas durante el mes pueden diferir con el cronograma de actividades planificado, por diversos motivos según se detalla a continuación:

- Condiciones climáticas desfavorables como presencia de tormentas eléctricas, lluvias, neblinas, entre otros.
- Actividades de mantenimiento de vías o cierre temporal de los mismos, dentro del asentamiento minero Cerro Verde o en vías públicas (calles, avenidas, carreteras, entre otros)
- Acompañamiento y soporte al personal de OEFA.
- Acompañamiento al personal de SMCV en auditorías internas.
- Desarrollo de actividades no rutinarias que son esenciales para el cumplimiento del contrato con el cliente SMCV.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

| 2023 AGOSTO | | | | | | |
|---|---|--|--|--|---|-----------|
| LUNES | MARTES | MIÉRCOLES | JUEVES | VIERNES | SABADO | DOMINGO |
| | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
| | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | Monitoreo de equipo TEOM 1405D:DF ECA (C1, SR Este, Alto Huayrondo, C2T2) | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | |
| 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Mantenimiento y verificación de sensores EMA (Banco Minero, Yarabamba) Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM10_2.5 ECA (Yarabamba, Quequeña, Banco Minero) | Mantenimiento y verificación de sensores EMA (Sur, Cerro Verde, Pisco) Monitoreo de equipo TEOM 1405D ECA (C2T2) | Mantenimiento y verificación de sensores EMA (Norte, SR Este) Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF ECA (C1, SR Este) | Mantenimiento y verificación de sensores EMA (Alto Huayrondo) Mantenimiento y verificación de equipo TEOM 1405DF ECA (Alto Huayrondo) | Mantenimiento y verificación de sensores EMA (Patio de Bombas, Enlozada) Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM10 ECA (Presa de Relaves) | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | |
| 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM10 ECA (Huayrondo, Mirador 2, Chancado 2) Mantenimiento y verificación de sensores EMA (Cerro Negro) | FERIADO | Mantenimiento y verificación de equipo TEOM 1405D_DF ECA (C1, SR Este) | Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200 PM2.5 ECA (Tiabaya, PPJJ Cerro Verde, Sur 2A) | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| Adición de agua en tina de evaporación EMA (Banco Minero, Yarabamba) Mantenimiento y Verificación de equipo BGI PQ200 PM2.5 ECA (IE Corazón de Jesús) Mantenimiento y Verificación de equipo PARTISOL 2000i-D ECA (Municipalidad de Socabaya) | Adición de agua en tina de evaporación EMA (Patio de Bombas, Sur, Cerro Verde, Pisco) Mantenimiento y Verificación de equipo TEOM 1405D ECA (C2T2) | Adición de agua en tina de evaporación EMA (Enlozada, Norte, SR Este, Alto Huayrondo) Monitoreo de equipo TEOM 1405D_DF ECA (C1, SR Este, Alto Huayrondo) | Mantenimiento y Verificación de equipo BGI PQ200 PM2.5 ECA (Hunter) Mantenimiento y verificación de equipo PARTISOL 2025iD ECA (La Mansión) Mantenimiento y verificación de sensores EMA (Patio de Llaves) | Mantenimiento y verificación de sensores EMA (San José) | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | |
| 28 | 29 | 30 | 31 | | | |
| Monitoreo de equipo TEOM 1405D:DF ECA (C1, SR Este, Alto Huayrondo, C2T2) | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | FERIADO | Elaboración de informes y validación de datos SMCV. OFICINA DE A&F SAC | | | |

Figura 19. Cronograma de actividades planificado.

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

5.3.2.3 Liderazgo

A. Liderazgo en Seguridad.

- Asegurar que todo el personal que participa en la actividad firme el formato IPERC continuo, con el objetivo de identificar los peligros asociados a la actividad, evaluar los riesgos y tomar medidas de control para reducir el riesgo.
- Tener siempre en cuenta y recordar a todos los participantes de la actividad la secuencia para controlar el peligro y reducir el riesgo, dicha secuencia se detalla en el formato IPERC continuo versión 11.

Tabla 6.

Secuencia para controlar el peligro y reducir el riesgo

| Secuencia para controlar el peligro y reducir el riesgo | |
|--|--|
| 1 | Planificación del trabajo (coordinaciones y recursos necesarios para desarrollar la tarea de manera segura) |
| 2 | Identificación de peligros (se han identificado todos los peligros de la tarea, del entorno y los he registrado en el IPERC Continuo) |
| 3 | Evaluación de riesgos (se ha evaluado todos los riesgos de los peligros identificados) |
| 4 | Implementación de controles (se ha implementado todos los controles aplicables a los riesgos identificados) |
| 5 | Verificación (se ha verificado que el trabajo se desarrolle de acuerdo con lo planificado y los controles implementados permanezcan durante la ejecución del trabajo. |
| 6 | Coordinación constante con el equipo de trabajo, usuarios y terceros (Antes, durante y después de la tarea) |

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde SAA.

- Tener siempre en cuenta y recordar a todos los participantes de la actividad los 04 principios de seguridad, dichos principios se detallan en el formato IPERC continuo versión 11.

Tabla 7.

04 Principios de Seguridad

| Secuencia para controlar el peligro y reducir el riesgo | |
|--|---|
| 1 | Planificación del trabajo (coordinaciones y recursos necesarios para desarrollar la tarea de manera segura). |
| 2 | Identificación de peligros (se han identificado todos los peligros de la tarea, del entorno y los he registrado en el IPERC Continuo). |
| 3 | Evaluación de riesgos (se ha evaluado todos los riesgos de los peligros identificados). |
| 4 | Implementación de controles (se ha implementado todos los controles aplicables a los riesgos identificados). |
| 5 | Verificación (se ha verificado que el trabajo se desarrolle de acuerdo con lo planificado y los controles implementados permanezcan durante la ejecución del trabajo). |
| 6 | Coordinación constante con el equipo de trabajo, usuarios y terceros (Antes, durante y después de la tarea). |

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

- Asegurar que todo el personal que participa en la actividad haga un uso correcto de los EPPs y exigir que realicen la inspección periódica de los mismos para verificar que se encuentren en buen estado, en caso contrario se deberá solicitar el cambio de EPP en mal estado.
- Verificar que el entorno de trabajo sea favorable y seguro para realizar las actividades, en caso de que el entorno sea desfavorable se procede a postergar las actividades o evacuar el área de trabajo de forma ordenada. El entorno desfavorable se puede presentar por diferentes motivos:
 - Actividades en simultáneo por parte del personal de otras contratistas o personal de SMCV; tales como actividades de voladura, izaje, pintado de cercos metálicos, entre otros.
 - Presencia de condiciones climáticas adversas; tales como presencia de tormentas eléctricas, neblinas, lluvias, entre otros.

- Asegurar que el área de trabajo sea seguro para realizar las actividades, teniendo en cuenta el orden y limpieza, en caso se tenga condición subestándar se volverá a evaluar los riesgos.
- Asegurar que en todo momento se realice la actividad de forma segura y ordenada, para evitar el acto subestándar.

B. Liderazgo en las Actividades

- Coordinar las actividades.
- Distribuir las actividades entre todos los participantes del equipo.
- Liderar las actividades en campo.
- Mantener comunicación constante entre todos los participantes, para facilitar el buen desarrollo de las actividades en las actividades.
- Motivar a todos los participantes (dar las gracias, felicitar los aportes importantes, entre otros).
- Mantener comunicación constante con el gerente técnico de servicios ambientales A&F y administrador de contrato SMCV, para informar de manera oportuna sobre cualquier evento relacionado a las actividades que requiera el apoyo y soporte.

5.3.2.4 Actividades realizadas en Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA)

A. Consideraciones previas a las actividades de instalación de equipos y componentes de EMA

Antes de instalar los equipos meteorológicos se tiene que contar con un área saneada con su respectivo plano de la estación, donde se detallan las dimensiones del área y la distribución de los componentes, tales como:

- Soporte de equipos y accesorios meteorológicos.
- Mástil de 10 metros para sensor de viento.
- Sensor y tina de vaporación.
- Soporte de sensor de precipitación.

Para maximizar la seguridad de la estación, se debe de contar con el cerco de enmallado metálico, donde también se encuentra el letrero indicando los datos básicos como son:

- Propietario de la estación.
- Nombre de la estación.
- Coordenadas UTM WGS84.
- Altitud o elevación.

Todos los trabajos civiles los realiza una empresa especializada en el rubro, mi persona solo brinda apoyo al área de Medio Ambiente de SMCV para dar la conformidad de los trabajos entregados por parte de la empresa especializada.

Finalmente, se realiza las coordinaciones y gestiones correspondientes para programar el inicio de las actividades de instalación de todos los equipos y componentes que forman parte los EMA.



Figura 20. Cerco de enmallado metálico de EMA.

B. Actividades de instalación de equipos y componentes de EMA

La instalación de una EMA se realiza una sola vez durante su tiempo de funcionamiento, por tal motivo es una actividad poco rutinaria que forma parte del servicio que brinda la Empresa A&F a la empresa minera SMCV.

Las estaciones meteorológicas automáticas conocidas como EMA se instalan siguiendo las instrucciones de:

- **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI - 2013)** – Protocolo para la Instalación y Operación de Estaciones Meteorológicas, Agrometeorológicas e Hidrológicas.
- **World Meteorological Organization (WMO - 2008)**: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation
- **Manual de fabricante** de cada sensor y componente.

Instalación de estructura de soporte para equipos y componentes

La estructura mide 03 metros de altura, se fija sobre una base de concreto, dicha estructura sirve de soporte para los siguientes equipos y componentes:

- Enclosure de instrumentación de los sensores meteorológicos.
- Enclosure de batería de respaldo de energía de 12 voltios.
- Sensores meteorológicos de temperatura / Humedad relativa y radiación global.
- Panel solar fotovoltaico.



Figura 21. Instalación de estructura de soporte.

Instalación de mástil meteorológico

De acuerdo a lo establecido por SENAMHI (2013) Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas, el mástil debe tener una altura de 10 metros instalado sobre una superficie de suelo resistente y plano.

BlueSky Mast Inc. en su User manual, detalla que el mástil es armable, y está compuesto de un trípode para dar mayor estabilidad en la base, posee 10 postes de 1 metro cada uno, 1 anillo primario, 4 cuerdas tensoras y estacas.

El mástil meteorológico, es el soporte del sensor de velocidad y dirección de viento, para la instalación se necesita 03 participantes como mínimo y se procede de la siguiente forma:

- Se fija el trípode en el suelo con estacas en cada punto de apoyo.
- Se ajusta el sensor de velocidad y dirección de viento en el anillo primario.
- Uno de los participantes se encarga de insertar los postes a través del trípode, mientras los 02 participantes restantes, estabilizan la verticalidad del mástil tensionando ligeramente las cuerdas tensoras en contra de la dirección del viento para facilitar la elevación del mástil.
- El cable del sensor se asegura con precintos de ajuste a medida que se eleva el mástil.
- Al finalizar con la elevación de mástil, se realizan ligeros ajustes para direccionar el sensor de velocidad y dirección de viento hacia el norte.
- Al finalizar se enganchan las 4 cuerdas tensoras de forma simétrica en sus respectivos puntos de anclaje (2).



Figura 22. Instalación de Mástil meteorológico.

Instalación de sensor de temperatura y humedad

SENAMHI en su Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas indica lo siguiente:

- El sensor se instala alejado a más de 30 metros de una fuente de calor o superficies reflectantes.
- El sensor se instala dentro del rango de altura de 1.25 a 2.00 metros con respecto a la superficie del suelo (12).

Normalmente se toma una altura aproximada de 1.90 metros en las estaciones de SMCV.

Vaisala (2022). En su User Guide indica lo siguiente:

- Se introduce el sensor al accesorio de ajuste tipo glándula hasta llegar al tope que se encuentra marcado en el cuerpo del sensor.
- Se ajusta el sensor en el soporte metálico y se coloca el conjunto de platillos protectores de caucho que cubren al sensor para mantenerlo protegido de la radiación solar, la lluvia, y demás factores que puedan causar daños en su funcionamiento.
- Con una abrazadera tipo U se asegura el sensor en la estructura de soporte, el fabricante recomienda instalar el sensor a una altura aproximada de 1.8 a 1.9 metros (16).

Cabe mencionar que para realizar la instalación de manera segura se hace uso de una escalera tipo tijera.

Finalmente, el cable del sensor se asegura con precintos de ajuste en la estructura de soporte para evitar que se tensione y provoque daños en los componentes internos del sensor.



Figura 23. Instalación de sensor de Temperatura / Humedad.

Instalación de sensor de presión atmosférica

Vaisala indica lo siguiente:

- El sensor se instala en interiores y en posición vertical con los conectores apuntando hacia abajo, de esta forma se evita la acumulación de agua condensada que podría afectar el correcto funcionamiento (17).

De acuerdo a las recomendaciones del fabricante, el sensor se instala dentro del gabinete de protección junto al equipo de almacenamiento de datos (datalogger).



Figura 24. Instalación de sensor de Presión Atmosférica.

Instalación de sensor de precipitación

SENAMHI indica lo que:

- El sensor debe estar alejado a una distancia horizontal de 02 veces mayor a la altura de obstáculos (edificaciones, estructuras, árboles, entre otros) que se encuentren cerca.
- El sensor se ajusta en un tubo metálico vertical con base de concreto a una altura de 1.2 metros, puesto que el rango de altura está comprendida entre 1 a 1.5m.

El cable del sensor expuesto en el suelo debe estar dentro de una tubería flexible o rígida para evitar daños provocados por la intemperie, roedores u otros animales terrestres. Finalmente se asegura con precintos de ajuste en la estructura de soporte, para evitar que se tensione y provoque daños en los componentes internos del sensor (12).



Figura 25. Instalación de sensor de Precipitación.

Instalación de sensor de Radiación Solar o Global

Kipp & Zonen (2010) en su manual de usuario indica lo siguiente:

- El sensor debe estar alejado a una distancia horizontal de 10 veces mayor a la altura de obstáculos (edificaciones, estructuras, árboles, entre otros) que se encuentren cerca.
- El sensor deberá estar direccionado hacia el norte, para evitar que las lecturas se vean afectadas por las sombras proyectadas.
- Para instalar el sensor de radiación global se coloca la base de soporte metálico, para ello se necesita instalar un brazo metálico en forma horizontal en la estructura de soporte vertical, aproximadamente a 02 metros de altura del suelo.
- Luego se ajusta el sensor en la base de soporte metálico asegurando que el nivel de burbuja del sensor se encuentre en el centro.

El cable del sensor se asegura con precintos de ajuste en la estructura de soporte para evitar que se tensione y provoque daños en los componentes internos del sensor (6).



Figura 26. Instalación de sensor de Radiación Global.

Instalación de sensor de evaporación y tina de evaporación

NovaLynx Corporation en su manual indica:

- El sensor y tina de evaporación tienen que estar conectados con tubería de $\frac{1}{2}$ " de diámetro y de 1.8 metros de largo aproximadamente, según el manual de fabricante.
- La rueda del potenciómetro del sensor tiene una línea marcada de color blanco, la cual se ajusta orientado a las 11:00 (de acuerdo a las manillas de un reloj), tal como se muestra en la siguiente imagen.

El cable del sensor expuesto en el suelo debe estar dentro de una tubería flexible o rígida para evitar daños provocados por la intemperie, roedores u otros animales terrestres. Finalmente se asegura con precintos de ajuste en la estructura de soporte, para evitar que se tensione y provoque daños en los componentes internos del sensor (11).



Figura 27. Instalación de sensor de Evaporación.

Instalación de sensor de velocidad / dirección de viento

SENAMHI indica lo siguiente:

- El sensor debe estar alejado a una distancia horizontal de 10 veces mayor a la altura del obstáculo más ancho (edificaciones, estructuras, árboles, entre otros) que se encuentren cerca.
- El sensor se instala en el mástil meteorológico y se ajusta con una abrazadera de metal.
- Con la ayuda de una brújula el sensor se direcciona al norte, así mismo tiene que elevarse a una altura de 10 metros (12).



Figura 28. Instalación de sensor de Velocidad / dirección de Viento.

Instalación de sistema de energía de 12 voltios

- Primeramente, se realiza el montaje del panel solar fotovoltaico en la estructura de soporte para equipos y componentes, de tal forma que no supere la altura del sensor de radiación global.
- La cara del panel solar se inclina entre 30° a 60° y se direcciona al norte para maximizar su eficiencia.
- Luego se realiza el montaje del enclosure de batería de respaldo en la estructura de soporte para equipos y componentes.
- El cable del panel solar fotovoltaico, se conecta en su respectiva ranura en el controlador de carga que se encuentra dentro del enclosure de la batería de respaldo. Así mismo se conectan los cables de la batería de respaldo en su respectiva ranura en el controlador de carga.
- Finalmente, se conectan los cables de alimentación para el enclosure de instrumentación de equipos meteorológicos y se verifica el voltaje en cada una de las ranuras.



Figura 29. Instalación de sistema de energía de 12 voltios.

Instalación de equipo registrador de datos (DATALOGGER) y puesta en marcha

Campbell Scientific Inc. indica:

- Primeramente, con un multímetro digital se verifica la energía de 12 voltios y se energiza el datalogger.
- Luego se procede a instalar el programa de funcionamiento en el datalogger con la ayuda del software logger, para iniciar la puesta en marcha.
- Luego se sigue las instrucciones del software logger para conectar cada uno de los cables de los sensores meteorológicos.
- Luego se verifican valores de los parámetros meteorológicos y su correcto almacenamiento en el datalogger (3).

Se realiza la prueba de comunicación con el servidor y el centro de control del área de Medio Ambiente de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A. Al finalizar con la puesta en marcha se anotan los valores en un cuaderno de campo.



Figura 30. Instalación de equipo Datalogger.

C. Mantenimiento, verificación y monitoreo de EMA

El mantenimiento, verificación y monitoreo de las EMAs son actividades programadas para realizar la inspección, tanto de funcionamiento como de limpieza y verificación, las cuales deben llevarse a cabo de forma mensual. Su propósito es prevenir las fallas, manteniendo las EMAs funcionando correctamente.

En algunas ocasiones se presentan problemas no deseados, los cuales traen inconvenientes con la adquisición de datos, por lo que se necesita realizar acciones correctivas, de tal forma que no influya en la operatividad de las EMAs; es muy importante corregir las fallas en el menor tiempo posible, por tal motivo también se realiza la inspección de los datos obtenidos por cada estación, ya sea en campo o de forma remota.

Las EMAs se visitan con una frecuencia de dos veces al mes, la primera visita se realiza para el mantenimiento y verificación, y la segunda visita se realiza para la adición de agua en tina de evaporación.

A continuación, se detallan los procedimientos de los trabajos de mantenimiento, verificación y monitoreo de sensores meteorológicos:

a) Mantenimiento de sensores de EMAs

Tabla 8.

Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Precipitación

| Mantenimiento de sensor de Precipitación | | | |
|---|--|----------------|--------|
| TEXAS | | | |
| Marca: | ELECTRONICS | Procedimientos | Estado |
| Modelo: | TR-525U SW | | |
|  | • Retiro del cono de captación, revisión del mecanismo de embudo y balancín del sensor de precipitación. | B | |
| | • Limpieza de los vertederos del balancín. | B | |
| | • Retiro de material particulado, presente en el sensor de precipitación. | B | |
| | • Limpieza de paredes del cono de captación. | B | |
| | • Verificación del funcionamiento del sensor de precipitación. | B | |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla

9.

Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Presión Atmosférica

| Mantenimiento de sensor de Presión Atmosférica | | | |
|---|--|----------------|--------|
| Marca: | VAISALA | Procedimientos | Estado |
| Modelo: | PTB-110 | | |
|  | • Limpieza superficial de los cables de conexión y del sensor. | B | |
| | • Verificación de parámetros de presión atmosférica, mediante el uso de Calibrador TETRACAL. | B | |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.

Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Temperatura / Humedad

| Mantenimiento de sensor de Temperatura / Humedad. | | | |
|---|---------|--|--------|
| Marca: | VAISALA | Procedimientos | Estado |
| Modelo: | HMP155A | | |
|  | | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del sensor de temperatura y humedad, asegurando que el blindaje del sensor se encuentre libre de material particulado, así como el sensor, el filtro e incluso el chip. | B |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación del sensor de temperatura y humedad relativa, mediante el uso de calibrador TETRACAL. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla

11.

Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Radiación Global

| Mantenimiento de sensor de Radiación Solar o Global. | | | |
|---|------------|--|--------|
| Marca: | KIPP&ZONEN | Procedimientos | Estado |
| Modelo: | CMP 3 | | |
|  | | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de la cúpula del sensor de radiación global. | B |
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación del funcionamiento del sensor de radiación global, mediante cambios de irradiación. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12.

Procedimiento de Mantenimiento de Sensor y Tina de Evaporación

| Mantenimiento de sensor de Evaporación. | | | |
|---|---|----------------|--------|
| Marca: | NOVALINX | Procedimientos | Estado |
| Modelo: | 255-100 | | |
|  | • Limpieza externa e interna del sensor (presencia de algas e insectos). | B | |
| | • Verificación del sensor de evaporación (engranajes de la polea, flotador, estado de la cadena y funcionamiento del potenciómetro de precisión). | B | |
| | • Verificación del nivel de agua, mediante un calibrador Vernier. | B | |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| Mantenimiento de Tina de Evaporación. | | | |
|---|---|----------------|--------|
| Marca: | - | Procedimientos | Estado |
| Modelo: | - | | |
|  | • Limpieza externa de la tina de evaporación (presencia de algas e insectos). | P | |
| | • Cambio de agua en la tina de evaporación. | P | |
| | • Verificación del nivel de agua, mediante un calibrador Vernier. | P | |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

b) Verificación de parámetros meteorológicos en campo

Al finalizar con el mantenimiento, se realiza la verificación de los parámetros meteorológicos de cada uno de los sensores que se registraron antes y después del mantenimiento de acuerdo con los alcances del contrato.

Tabla 13.

Verificación de parámetros meteorológicos en campo.

| FECHA: 25/10/2023 | HORA: 14:06 | HORA: 14:06 | Equipo de comparación |
|----------------------|-------------|-------------|-----------------------|
| PARAMETRO | VALOR | VALOR | de parámetros |
| Voltaje (12VDC) | 13.28 | 13.48 | MULTÍMETRO |
| Temperatura | 26.07 °C | 26.56 °C | TETRACAL |
| Humedad | 22.14 % | 20.09 % | - |
| Presión Atmosférica | 790.32 atm | 790.58 atm | TETRACAL |
| Velocidad de Viento | 1.2 m/s | 2.6 m/s | - |
| Dirección de Viento | 328° | 333° | - |
| Radiación Solar | 897.2 w/m2 | 845.55 w/m2 | - |
| Evaporación de Nivel | 105.3 mm | 225.3 mm | VERNIER |

Observaciones:

Se realizó adición de agua en tina de evaporación.

Acciones correctivas:

Fuente: Elaboración propia.

c) Monitoreo de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA)

El monitoreo se realiza de forma remota con ayuda de los dispositivos de comunicación como son modem celular o mediante la red de fibra óptica. De esta forma, se puede detectar cualquier falla de forma oportuna y realizar acciones correctivas.

- Generalmente, el personal del área de medio ambiente de SMCV se encarga de realizar esta actividad desde su centro de control.
- Mi persona, también realiza el monitoreo remoto haciendo uso de un teléfono inteligente y también de una computadora (toda vez que me encuentre en oficina).



Figura 31. Monitoreo remoto de EMA haciendo uso de un teléfono inteligente.

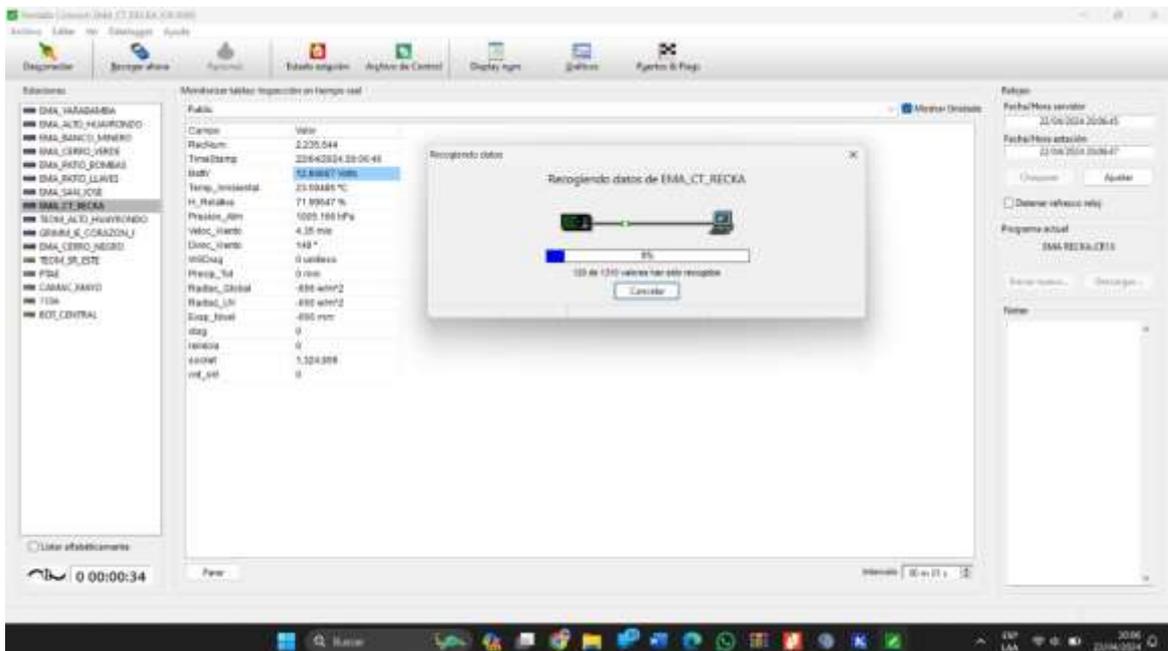


Figura 32. Monitoreo remoto de EMA haciendo uso de una computadora.

d) Contratación semestral de sensores y calibración

La contrastación de los sensores y calibración se realiza con el fin de corroborar el buen funcionamiento de los sensores meteorológicos y también de identificar a aquellos que no estén funcionando de forma correcta. De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda el cambio de sensores meteorológicos que no funcionan de forma correcta; y para los sensores que no presentan fallas de funcionamiento, simplemente se continúa con su uso, según lo recomendado por el fabricante de cada sensor.



Figura 33. Contratación de sensores meteorológicos.

De acuerdo con los alcances del contrato y las recomendaciones brindadas por la empresa A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C., las actividades de contrastación de sensores meteorológicos se realizan cada 06 meses, según se detalla a continuación:

- **Instalación de sensores y equipos de contrastación:** Consta en ubicar los sensores de contrastación a la misma altura y de forma contigua, con el fin de que dichos sensores puedan registrar datos en paralelo junto con los sensores de la EMA durante 24 horas. En el caso de los sensores de precipitación y evaporación se realizan mediciones en campo con instrumentos de medición. Para este caso se utilizan sensores con certificado de calibración vigente que se utilizan como instrumento patrón. Según se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 14.

Instalación de sensores de contrastación

| instalación de sensores de contrastación | | | |
|--|-------------------|------------------------------------|---|
| Sensor | Sensor EMA | Sensor y/o equipo de Contrastación | Imagen |
| Temperatura y humedad | VAISALA | VAISALA |  |
| | HMP155A | HMP155A | |
| Presión atmosférica | VAISALA | VAISALA |  |
| | PTB110 | PTB110 | |
| Viento | GILL | YOUNG |  |
| | WINDSONIC | 456 | |
| Radiación | KIPP&ZONEN | KIPP&ZONEN |  |
| | CMP 3 | CMP 3 | |
| Precipitación | TEXAS ELECTRONICS | YOUNG |  |
| | TR-525USW | 52260 | |
| Evaporación | NOVALYNX | MITUTOYO |  |
| | 255-100 | Vernier | |

| Sensor | Marca Modelo |
|--------|-----------------|
|--------|-----------------|

Fuente de elaboración: Propia.

- Prueba de funcionamiento y calibración: Consiste en realizar la medición de los parámetros meteorológicos en diferentes puntos de verificación, los sensores son sometidos a diferentes condiciones de funcionamiento de acuerdo con el rango de medición de cada uno de ellos, para ello se anotan los valores obtenidos en un cuaderno de campo y se verifica que la diferencia de los valores obtenidos de los sensores de la EMA; así mismo se verifica que los sensores de contrastación se encuentren dentro del rango permisible (establecido por el fabricante), según se detallan en las siguientes tablas.

Tabla 15.

Prueba de funcionamiento sensor de Temperatura y Humedad

| Prueba de funcionamiento sensor de Temperatura y Humedad | | | | | | | |
|--|------|--|----------------------------------|---------------------------|------|----------------------------------|----------------------------------|
| Condiciones | ITEM | Temperatura °C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$) | | Condiciones | ITEM | Humedad Relativa % ($\pm 2\%$) | |
| | | Valor Sensor EMA | Valor de Sensor de contrastación | | | Valor Sensor EMA | Valor de Sensor de contrastación |
| Temperatura Ambiente | 1 | 19.5 | 19.3 | Humedad Ambiente | 1 | 47.8 | 47.1 |
| | 2 | 19.5 | 19.4 | | 2 | 47.9 | 47.3 |
| | 3 | 19.5 | 19.3 | | 3 | 48.0 | 47.3 |
| | 4 | 19.5 | 19.4 | | 4 | 48.0 | 47.3 |
| | 5 | 19.6 | 19.5 | | 5 | 48.1 | 47.4 |
| | 6 | 19.6 | 19.5 | | 6 | 48.3 | 47.5 |
| Temperatura aproximada a 0°C | 1 | 33.5 | 33.4 | Humedad aproximada a 0% | 1 | 81.9 | 82.5 |
| | 2 | 34.5 | 34.5 | | 2 | 83.3 | 84.0 |
| | 3 | 34.7 | 34.6 | | 3 | 83.9 | 84.9 |
| | 4 | 35.0 | 34.8 | | 4 | 84.4 | 85.3 |
| | 5 | 35.1 | 35.0 | | 5 | 85.2 | 86.0 |
| | 6 | 34.5 | 34.3 | | 6 | 86.1 | 86.8 |
| Temperatura aproximada a 40°C | 1 | 9.9 | 9.8 | Humedad aproximada a 100% | 1 | 4.8 | 5.4 |
| | 2 | 9.7 | 9.7 | | 2 | 4.7 | 5.3 |
| | 3 | 9.3 | 9.2 | | 3 | 4.3 | 5.0 |
| | 4 | 8.4 | 8.4 | | 4 | 4.1 | 4.6 |
| | 5 | 8.2 | 8.0 | | 5 | 3.7 | 4.3 |
| | 6 | 8.0 | 7.9 | | 6 | 3.4 | 4.1 |

Observaciones:

Fuente de elaboración: Propia.

Tabla 16.

Prueba de funcionamiento Sensor de Presión Atmosférica

| Prueba de funcionamiento Sensor de Presión Atmosférica | | | |
|---|-------------|---|---|
| Condición Ambiente | ITEM | Presión Atmosférica ($\pm 3hPas$) | |
| | | Valor de Sensor EMA | Valor de Sensor de contrastación |
| Presión Atmosférica | 1 | 759.2 | 759.1 |
| | 2 | 759.3 | 759.2 |
| | 3 | 759.3 | 759.2 |
| | 4 | 759.4 | 759.3 |
| | 5 | 759.4 | 759.3 |
| | 6 | 759.3 | 759.2 |

Observaciones:

Fuente de elaboración: Propia.

Tabla 17.

Prueba de funcionamiento de Sensor de viento

| Prueba de funcionamiento Sensor de viento | | | | | | | |
|--|-------------|---|---|----------------------------|-------------|--|---|
| Condición Ambiente | ITEM | Velocidad de Viento m/s (± 0.2 m/s) | | Condición Ambiente | ITEM | Dirección de Viento grados ($\pm 5^\circ$) | |
| | | Valor de Sensor EMA | Valor de Sensor de contrastación | | | Valor de Sensor EMA | Valor de Sensor de contrastación |
| Velocidad de viento | 1 | 3.3 | 3.3 | Dirección de viento | 1 | 240.0 | 239.0 |
| | 2 | 3.9 | 3.8 | | 2 | 227.0 | 225.0 |
| | 3 | 4.8 | 4.6 | | 3 | 280.0 | 279.0 |
| | 4 | 5.9 | 5.9 | | 4 | 285.0 | 283.0 |
| | 5 | 7.4 | 7.3 | | 5 | 306.0 | 304.0 |
| | 6 | 6.5 | 6.5 | | 6 | 287.0 | 286.0 |

Observaciones:

Fuente de elaboración: propia.

Tabla 18.

Prueba de funcionamiento de Sensor de Radiación Global

| Prueba de funcionamiento de Sensor de Radiación Solar o Global | | | |
|---|-------------|--|---|
| Condiciones | ITEM | Radiación solar wat/m2 (±5 %) | |
| | | Valor de Sensor EMA | Valor de Sensor de contrastación |
| Radiación global Ambiente | 1 | 1069.5 | 1065.5 |
| | 2 | 1103.4 | 1101.4 |
| | 3 | 1090.3 | 1086.0 |
| | 4 | 1081.4 | 1075.7 |
| | 5 | 1093.5 | 1093.1 |
| | 6 | 1092.4 | 1092.1 |
| Radiación global sin luz solar | 1 | 0 | 0 |
| | 2 | 0 | 0 |
| | 3 | 0 | 0 |
| | 4 | 0 | 0 |
| | 5 | 0 | 0 |
| | 6 | 0 | 0 |

Observaciones:

Fuente de elaboración: Propia.

Tabla 19.

Prueba de funcionamiento de Sensor de Precipitación

| Prueba de funcionamiento de Sensor de Precipitación | | | |
|---|---------|---|---------------------|
| Condiciones | Medidas | Registro del sensor en cantidad de golpes (± 2) | |
| | | Valor Sensor EMA | N° de golpes (taps) |
| Calibrador con capacidad de 500 ml de agua | 118 ml. | 3.556 | 14 |
| | | 3.556 | 14 |
| | 237 ml. | 7.112 | 28 |
| | | 7.112 | 27 |
| | 475 ml. | 14.732 | 58 |
| | | 14.732 | 57 |

Observaciones:

Fuente de elaboración: Propia.

Tabla 20.

Prueba de funcionamiento de Sensor de Evaporación de Nivel

| Prueba de funcionamiento de Sensor de Evaporación de Nivel | | | |
|---|----------------|--|----------------|
| Condiciones | Medidas | Medición de profundidad de agua en tina de evaporación (± 2 %) | |
| | | Valor Sensor EMA | Vernier |
| Medición con Vernier | 25 % | 52.2 | 52.2 |
| | | 52.3 | 52.1 |
| | 50 % | 110.5 | 110.4 |
| | | 110.5 | 110.4 |
| | 100 % | 224.3 | 224.4 |
| | | 224.2 | 224.4 |

Observaciones:

Fuente elaboración: Propia.

- **Análisis de datos**

Para el análisis de datos se utiliza la estadística que permite analizar, clasificar y representar gráficamente la información obtenida de cada uno de los parámetros meteorológicos de los sensores de las EMAs respecto a los sensores de contrastación. La información obtenida en campo se ordena en hojas de cálculo de Excel para facilitar el análisis comparativo del comportamiento de los sensores con respecto al tiempo; de esta forma, se obtienen los resultados que indican que los datos de los sensores instalados en las EMAs de SMCV se encuentren dentro del rango aceptable de funcionamiento, tal como establece la EPA, SENAMHI y OMM.

Tabla 21.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas EMA

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS EMA | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|-----------------------------------|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | | | | | | | |
| Sensor Patrón | | | | | | | |
| Error Absoluto +/- | | | | | | | |
| Error Relativo (%) | | | | | | | |
| Desviación Estándar | | | | | | | |
| D. Estándar Media | | | | | | | |
| Incertidumbre Tipo A | | | | | | | |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F |
| | | | | | | | Incertidumbre Combinada |

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Para realizar los cálculos se utilizan ecuaciones estadísticas que permiten analizar e interpretar los datos obtenidos de las actividades de contrastación de sensores, de esta forma, se puede determinar que los resultados se encuentren dentro del intervalo aceptable por la EPA, OMM y SENAMHI.

La incertidumbre tipo A, B e incertidumbre combinada, se calculan de acuerdo a Hidalgo A. (5), tal como se detalla a continuación:

Cálculo del Error Absoluto: Es el valor absoluto de la diferencia entre el valor medio del sensor de la EMA y el valor del sensor de contrastación (se le considera como exacto) cuyas unidades son las mismas de los valores calculados.

$$E\alpha = |\varphi - \omega|$$

Donde:

E α : Error absoluto.

φ : Valor del sensor de contrastación (Exacto).

ω : Valor del sensor de la EMA.

Cálculo del Error Relativo: Es el cociente entre el cero absoluto y el valor del sensor de contrastación (considerado como exacto) que a su vez se multiplica por 100 % para obtener el porcentaje de error.

$$E\sigma = \frac{E\alpha}{\varphi} * 100 \%$$

Donde:

$E\sigma$: Error Relativo.

$E\alpha$: Error absoluto.

φ : Valor del sensor de contrastación (Exacto).

Cálculo de la Desviación estándar: Es una medida de dispersión que nos permite determinar la separación de los datos con respecto a la media, si el resultado es menor significa que los valores de la muestra se encuentran dispersos cerca de la media y si el resultado es mayor es todo lo contrario.

$$S(q) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n - 1}}$$

Donde:

$S(q)$: Desviación Estándar.

\bar{q} : Media.

$n-1$: número de muestras -1.

Cálculo de la Desviación Estándar de la Media: Es el cociente entre la desviación estándar y la raíz cuadrada del número de muestra.

$$S(\bar{q}) = \frac{S(q)}{\sqrt{n}}$$

Donde:

$S(\bar{q})$: Desviación Estándar de la Media.

$S(q)$: Desviación Estándar.

n : Número de muestras.

Cálculo de Incertidumbre tipo A: Se obtiene multiplicando la desviación estándar de la media por el t de student a un nivel de confianza del 95.45 %

$$u_A = S(\bar{q}) * t_{n-1} (95.45 \%)$$

Donde:

u_A : Incertidumbre tipo A.

$S(\bar{q})$: Desviación Estándar de la Media.

t_{n-1} : t de student con nivel de confianza al 95.45 %.

n : Numero de muestras.

$(n - 1)$: Grados de libertad.

Tabla 22.

t de student nivel de confianza y grados de libertad

| Numero de muestras (<i>n</i>) | Grados de libertad (<i>n-1</i>) | Nivel de confianza | | | | | |
|---------------------------------------|--|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 68.27% | 90.00% | 95.00% | 95.45% | 99.00% | 99.73% |
| 2 | 1 | 1.84 | 6.31 | 12.71 | 13.97 | 63.66 | 235.80 |
| 3 | 2 | 1.32 | 2.92 | 4.30 | 4.53 | 9.92 | 19.21 |
| 4 | 3 | 1.20 | 2.35 | 3.18 | 3.31 | 5.84 | 9.22 |
| 5 | 4 | 1.14 | 2.13 | 2.78 | 2.87 | 4.60 | 6.62 |
| 6 | 5 | 1.11 | 2.02 | 2.57 | 2.65 | 4.03 | 5.51 |
| 7 | 6 | 1.09 | 1.94 | 2,45 | 2.52 | 3.71 | 4.90 |
| 8 | 7 | 1.08 | 1.89 | 2,36 | 2.43 | 3.50 | 4.53 |
| 9 | 8 | 1.07 | 1.86 | 2,31 | 2.37 | 3.36 | 4.28 |
| 10 | 9 | 1.06 | 1.83 | 2,26 | 2.32 | 3.25 | 4.09 |

Fuente: Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM 100:2008 (1).

Incertidumbre tipo B: Es el cálculo que se obtiene a partir de los errores que corresponden a las incertidumbres de los sensores utilizados que se pueden encontrar en los certificados que proporciona el fabricante para cada tipo de sensor, así como también a partir de otros certificados, también se toma en cuenta la experiencia y conocimientos acerca del comportamiento de cada sensor y de los materiales y equipos utilizados.

Incertidumbre combinada: Es una estimación que se calcula a partir de la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de la incertidumbre tipo A y las incertidumbres Tipo B (correspondientes a las especificaciones de los sensores de contrastación y de sensores de la EMA)

$$u_c = \sqrt{(u_A)^2 + (u_{B(\text{sensor EMA})})^2 + (u_{B(\text{sensor contrastación})})^2}$$

Donde:

u_c : Incertidumbre combinada.

u_A : Incertidumbre tipo A.

u_B : Incertidumbre tipo B correspondiente a cada sensor.

Gráfico de intervalo de tolerancia: Es una representación gráfica, donde se comprueba que la diferencia de la medición de los sensores de la EMA y de los sensores Patrón, se encuentren dentro de los intervalos de tolerancia máximos y mínimos, dichos intervalos se determinan de acuerdo con los resultados que se obtienen de la incertidumbre combinada y rango de tolerancia establecido por la EPA.

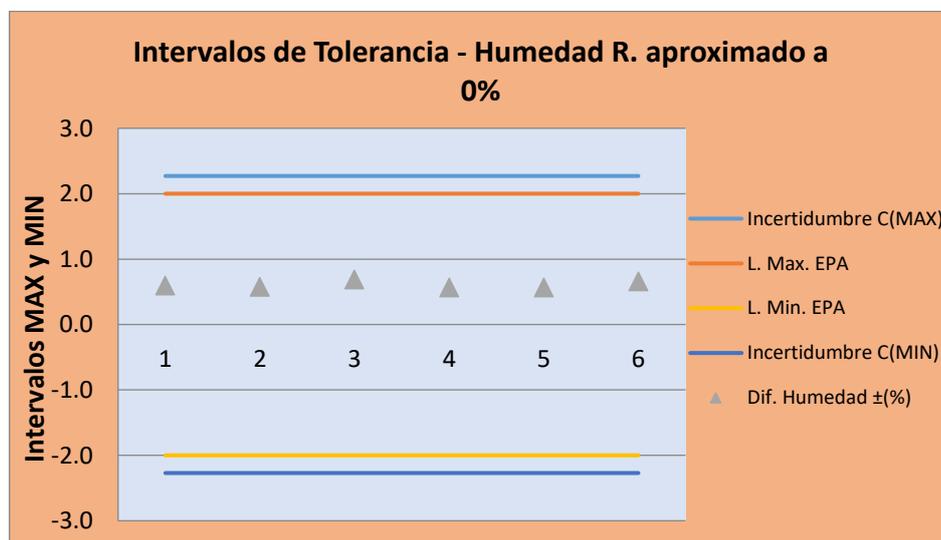


Figura 34. Gráfica de Intervalos de tolerancia.

Gráfico estadístico en función del tiempo: Es una representación gráfica que permite visualizar el comportamiento de los sensores durante la contrastación.

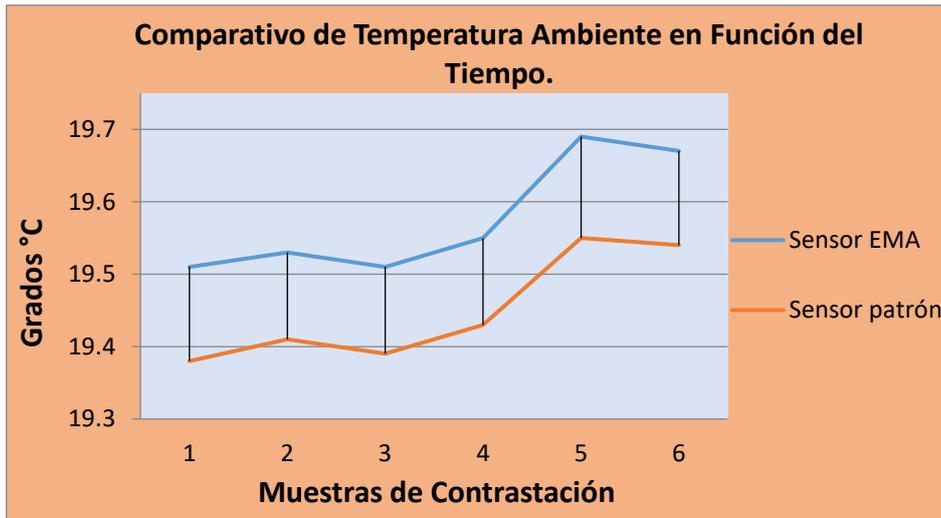


Figura 35. Gráfica de Comparativo en Función del Tiempo

Gráfico estadístico de la correlación lineal: Es una representación que indica el grado de relación existente de las medidas obtenidas entre los sensores de la EMA y los sensores de contrastación. Así mismo la gráfica permite visualizar el coeficiente de determinación (r^2) cuyo valor permite conocer el grado de asociación de las medidas obtenidas, el valor $r=0$ indica que no existe relación entre las medidas obtenidas y el valor $r=1$ indica que existe una relación perfecta.

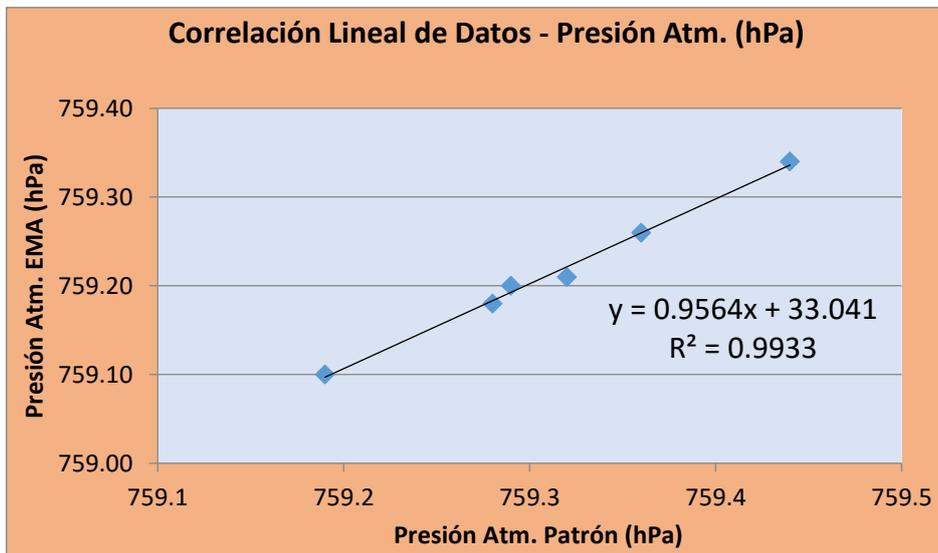


Figura 36. Gráfica de Correlación Lineal de Datos.

5.3.2.5 Actividades realizadas en las Estaciones de Calidad de Aire (ECA)

En las ECAs, se realiza el mantenimiento y verificación de los equipos muestreadores de partículas (BGI, PARTISOL) y también el mantenimiento, verificación y monitoreo de los equipos monitores de partículas (TEOM), de esta forma, se garantiza el buen funcionamiento de los equipos.

El procedimiento de la actividad consiste en inspeccionar cada uno de los equipos instalados en campo, con la finalidad de conservarlos en buen estado, así mismo cada 06 meses se realiza la calibración en campo de los equipos y toda vez que sea necesario para poder obtener información de calidad. También se realiza el traslado desmontaje e instalación de los equipos mencionados. A continuación, se detallan cada una de las actividades.

A. Consideraciones previas a la instalación de estaciones de calidad de aire (ECA)

Antes de instalar los equipos muestreadores de partículas de bajo volumen y equipos monitores de partículas de bajo volumen, se tiene que contar con un área saneada con su respectivo plano de la estación:

Para maximizar la seguridad de la estación se debe de contar con el cerco de enmallado metálico, donde también se encuentra el letrero indicando los datos básicos como son:

- Propietario de la estación.
- Nombre de la estación.
- Coordenadas UTM WGS84.
- Altitud.

Todos los trabajos civiles los realiza una empresa especializada en el rubro, mi persona solo brinda apoyo al área de Medio Ambiente de SMCV para dar la conformidad de los trabajos entregados por parte de la empresa especializada.

Finalmente, se realiza las coordinaciones y gestiones correspondientes para programar el inicio de las actividades de instalación de todos los equipos y accesorios que forman parte la ECA.



Figura 37. Cerco metálico de ECA.

B. Actividades con equipos muestreadores de partículas PARTISOL.

A los equipos PARTISOL, solo se les realiza el mantenimiento, verificación y calibración en campo, los monitoreos los realiza la empresa ALS, debido a que los filtros de 47 mm. son analizados en laboratorio.



Figura 38. Equipo muestreador de partículas PARTISOL.

a) Instalación

El equipo se instala, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.
- Manual de fabricante.

Los accesorios que componen el equipo son:

Tabla 23.

Accesorios de equipos PARTISOL

| Accesorios | PARTISOL |
|--------------------------------|---|
| Cabezal INLET PM10 |  |
| Sensor de temperatura ambiente |  |
| Impactador PM2.5_COARSE |  |

Fuente: Elaboración propia.

Thermo Fisher Scientific Inc. en su Instruction manual indica lo siguiente:

- **Impactador PM25_coarse:** Es el accesorio que permite separar las partículas finas (PM2.5) de las partículas gruesas (PMcoarse), se instala en el interior del equipo, sobre el compartimento donde se instala el filtro de 47mm.
- **Cabezal inlet PM10:** Es el accesorio que permite el ingreso de flujo en el equipo, se instala en la parte externa y se inserta a presión sobre el impactador (14).

- **Sensor de Temperatura Ambiente:** Es el accesorio que permite medir la temperatura ambiente, por esta razón se instala en la parte externa de equipo.

En todas las estaciones, los equipos PARTISOL se instalan sobre una estructura de metal de 1.1 metros de altura, cuya área es de 1.2 metros de ancho por 1.2 metros de largo y poseen barandas de seguridad en los bordes, de tal forma que el personal que manipule los equipos, tenga el espacio suficiente para poder realizar las actividades con total seguridad. Hay que tener en cuenta que la parte superior del cabezal INLET PM10, debe estar ubicado a mayor altura que el cerco de la estación, esto permite al equipo tomar muestras fiables, para ello se hace uso de la estructura de metal que tiene una altura de 1.1 metros, el equipo junto con la parte superior del cabezal INLET PM10 mide cerca de 1.8 metros de altura, que en total suman 2.9 metros de altura con respecto al suelo. De esta forma, se cumple con lo establecido por el MINAM en su protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire, donde se detalla que la altura para instalar los equipos de monitoreo debe ser mayor a 1.5 metros y menor a 04 metros de altura (10).

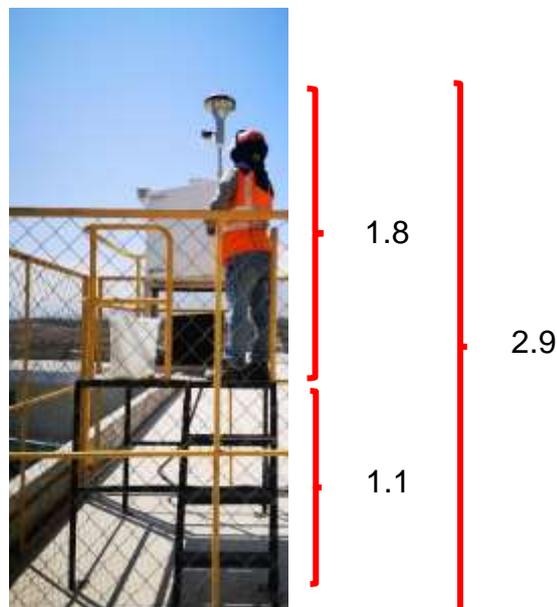


Figura 39. Altura total de instalación para el funcionamiento de equipos PARTISOL.

b) Mantenimiento

En las estaciones de calidad de aire, con equipos muestreadores de partículas PARTISOL, el mantenimiento se realiza de forma mensual.

Se realiza la limpieza y remoción de partículas de las superficies de cada componente que se describe a continuación:

Tabla 24.

Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Temperatura (PARTISOL)

| Mantenimiento de sensor de Temperatura. | | |
|--|---|---------------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | <ul style="list-style-type: none">• Limpieza del sensor de temperatura y humedad, asegurando que el blindaje del sensor se encuentre libre de material particulado. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|-------------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25.

Procedimiento de mantenimiento de Cabezal INLET PM10 (PARTISOL)

| Mantenimiento de Cabezal INLET PM10. | | |
|---|---|----------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del cabezal INLET PM10, asegurando que se encuentre libre de material particulado. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación de los O-ring o juntas, asegurar que se encuentren en buenas condiciones. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del interior del colector de admisión. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de una ligera capa de silicona líquida a los O-RING o juntas, para asegurar el sello hermético del equipo. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26.

Procedimiento de mantenimiento de impactador PM2.5_coarse (PARTISOL)

| Mantenimiento de Impactador. | | |
|---|---|---------------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | <ul style="list-style-type: none">• Limpieza del impactador PM2.5_coarse, asegurando que las superficies internas y externas se encuentren libre de material particulado. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|-------------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27.

Procedimiento de mantenimiento de sistema de paso de filtros (PARTISOL)

| Mantenimiento de sistema de paso de filtros. | | |
|---|--|----------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza superficial del sistema de paso de filtros. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Remoción el polvo acumulado con sopladora eléctrica. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de una ligera capa de silicona líquida en el sistema de paso de filtros, para asegurar el correcto desplazamiento de los filtros/porta filtros. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28.

Procedimiento de mantenimiento de bomba de succión (PARTISOL)

| Mantenimiento de bomba de succión. | | |
|---|--|----------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | • Limpieza superficial de la bomba de succión con sopladora eléctrica. | B |
| | • Verificación de la bomba de succión. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

c) Verificación

Al culminar con el mantenimiento del equipo PARTISOL, se realiza la verificación de cada uno de los parámetros del equipo, de acuerdo a lo indicado por Thermo Fisher Scientific Inc. Para ello se hace uso del calibrador de flujos TETRACAL (14).

Tabla 29.*Verificación en campo de equipo PARTISOL*

| VERIFICACIÓN EN CAMPO EQUIPO PARTISOL | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------|------------|--------------|------------|
| TEMPERATURA | Parámetro Verificado °C | | Diferencia % | |
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Filtro PM2.5 | 27.8 | 27.77 | 0.1 % | 2 % |
| Filtro PMcoarse | 27.8 | 27.81 | 0.0 % | 2 % |
| Ambiente | 24.6 | 24.58 | 0.1 % | 2 % |

Verificación: Aprobado

| PRESIÓN | Parámetro Verificado mmHg | | Diferencia % | |
|-----------------|---------------------------|------------|--------------|------------|
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Filtro PM2.5 | 569 | 568.5 | 0.1 % | 10 % |
| Filtro PMcoarse | 569 | 569.0 | 0.0 % | 10 % |
| Ambiente | 568 | 567.6 | 0.1 % | 10 % |

Verificación: Aprobado

| FLUJO | Parámetro Verificado lpm | | Diferencia % | |
|--------------|--------------------------|------------|--------------|--------------|
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| 01 PM2.5 | 15 | 14.98 | 0.1 % | 2.0 % |
| 02 PMcoarse | 1.67 | 1.68 | 0.6 % | 2.0 % |
| TOTAL | 16.67 | 16.66 | 0.1 % | 2.0 % |

Verificación: Aprobado**Observaciones:***Fuente:* Elaboración propia.**d) Calibración**

Cada 06 meses se realiza la calibración en campo al equipo PARTISOL y toda vez que sea necesario, también se realiza la prueba de fugas del sistema de flujos y se igualan los valores de los parámetros (14). Para ello se hace uso del calibrador de flujos TETRACAL.

Tabla 30.

Calibración en campo de equipo PARTISOL

| CALIBRACIÓN EN CAMPO DE EQUIPO PARTISOL | | | | | | |
|---|------------------|------------|----------------|------------|--------------|------------|
| Temperatura | Valor inicial °C | | Valor Final °C | | Diferencia % | |
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Filtro PM2.5 | 27.8 | 27.35 | 27.35 | 27.37 | 0.1 % | 2 % |
| Filtro PMcoarse | 27.8 | 27.35 | 27.34 | 27.33 | 0.0 % | 2 % |
| Ambiente | 24.6 | 24.83 | 24.8 | 24.82 | 0.1 % | 2 % |

Calibración: Aprobado

| Presión | Valor inicial mmHg | | Valor Final mmHg | | Diferencia % | |
|-----------------|--------------------|------------|------------------|------------|--------------|------------|
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Filtro PM2.5 | 569 | 568.2 | 568 | 568 | 0.0 % | 10 % |
| Filtro PMcoarse | 569 | 568.2 | 568 | 568 | 0.0 % | 10 % |
| Ambiente | 569 | 569.6 | 570 | 571 | 0.1 % | 10 % |

Calibración: Aprobado

Prueba de Fugas Interna: Aprobado

Prueba de Fugas Externa: Aprobado

| Flujo | Punto de VERF 01 | | Punto de VERF 02 | | Punto de VERF 03 | | Valor Final | |
|----------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|-------------|------------|
| | lpm | | lpm | | lpm | | lpm | |
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador |
| PM2.5 | 13 | 13.54 | 15 | 14.85 | 16 | 16.41 | 15 | 15.01 |
| PMcoarse | 1.5 | 1.59 | 1.67 | 1.7 | 1.96 | 2.00 | 1.67 | 1.66 |

| Flujo | Verificación final | | Diferencia % | |
|--------------|--------------------|------------|--------------|--------------|
| | lpm | | Resultado | Permisible |
| | Equipo | Calibrador | o | e |
| PM2.5 | 15 | 15.01 | 0.1 % | 2.0 % |
| PM coarse | 1.67 | 1.66 | 0.6 % | 2.0 % |
| Total | 16.67 | 16.67 | 0.0 % | 2.0 % |

Calibración: Aprobado

Observaciones:

Fuente: Elaboración propia.

C. Actividades con equipos muestreadores de partículas BGI

A los equipos BGI, solo se les realiza el mantenimiento, verificación y calibración en campo, los monitoreos los realiza la empresa ALS, debido a que los filtros de 47 mm. son analizados en laboratorio.



Figura 40. Equipo muestreador de partículas BGI.

a) Instalación

El equipo se instala teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.
- Manual de fabricante.

Los accesorios que componen el equipo son:

Tabla 31.

Accesorios de equipos BGI

| | BGI |
|--------------------------------|---|
| Accesorios |  |
| Cabezal INLET PM10 |  |
| Sensor de temperatura ambiente |  |
| Impactador PM2.5 |  |
| Impactador PM10 |  |

Fuente: Elaboración propia.

Mesa Labs Inc. en su manual indica lo siguiente:

- **Impactador:** En los equipos BGI, se utilizan dos tipos de impactadores, impactador PM2.5 y PM10, los equipos funcionan con un impactador a la vez.
 - **Impactador PM2.5:** Es el accesorio que, según su diseño complejo, permite obtener partículas finas (PM2.5) y se instala en el interior del equipo, sobre el compartimento donde se instala el filtro de 47mm.

- **Impactador PM10:** Es el accesorio que, según su diseño simple, permite obtener partículas gruesas (PM10) y se instala en el interior del equipo, sobre el compartimento, donde se instala el filtro de 47mm.
- **Cabezal inlet PM10:** Es el accesorio por donde ingresa el flujo succionado por el equipo, se instala en la parte externa del equipo y se inserta a presión sobre el impactador.
- **Sensor de Temperatura Ambiente:** Es el accesorio que permite medir la temperatura ambiente, por esta razón se instala en la parte externa de equipo (7).

En todas las estaciones, los equipos BGI se instalan sobre una estructura de metal de 1.1 metros de altura, cuya área es de 1.2 metros de ancho por 1.2 metros de largo y poseen barandas de seguridad en los bordes, de tal forma que el personal que manipule los equipos, tenga el espacio suficiente para poder realizar las actividades con total seguridad. Hay que tener en cuenta que la parte superior del cabezal INLET PM10, debe estar ubicado a mayor altura que el cerco de la estación, esto permite al equipo tomar muestras fiables, para ello se hace uso de la estructura de metal que tiene una altura de 1.1 metros, el equipo junto con la parte superior del cabezal INLET PM10 mide cerca de 1.8 metros de altura, que en total suman 2.9 metros de altura con respecto al suelo. De esta forma, se cumple con lo establecido por el MINAM en su Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire, donde se detalla que la altura para instalar los equipos de monitoreo debe ser mayor a 1.5 metros y menor a 04 metros de altura (10).

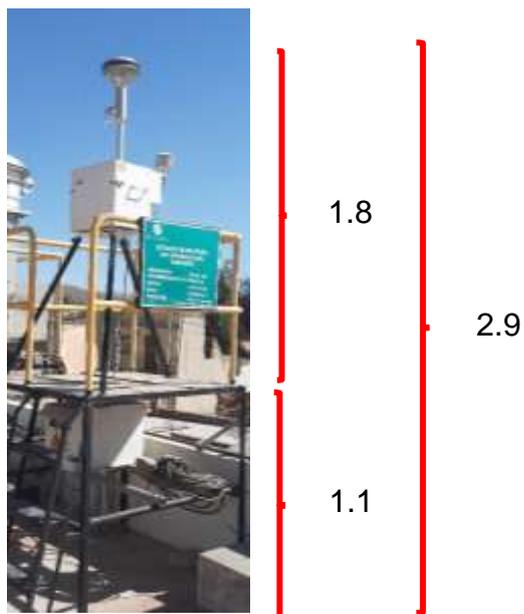


Figura 41. Altura total de instalación para el funcionamiento de equipos BGI.

b) Mantenimiento

En las estaciones de calidad de aire, con equipos muestreadores de partículas BGI, el mantenimiento se realiza de forma mensual.

Se realiza la limpieza y remoción de partículas de las superficies de cada componente que se describe a continuación:

Tabla 32.

Procedimiento de Mantenimiento de sensor de Temperatura (BGI)

| Mantenimiento de sensor de Temperatura. | |
|---|---------------|
| Procedimientos | Estado |
|  <ul style="list-style-type: none">• Limpieza del sensor de temperatura y humedad, asegurando que el blindaje del sensor se encuentre libre de material particulado. | B |
| Observaciones: | |
| Acciones correctivas: | |
| EVALUACIÓN | |
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33.

Procedimiento de Mantenimiento de Cabezal INLET PM10 (BGI)

| Mantenimiento de Cabezal INLET PM10. | | |
|---|---|----------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del cabezal INLET PM10, asegurando que se encuentre libre de material particulado. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación de los O-ring o juntas, y asegurar que se encuentren en buenas condiciones. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del interior del colector de admisión. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de una ligera capa de silicona líquida a los O-RING o juntas, para asegurar el sello hermético del equipo. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34.

Procedimiento de Mantenimiento de Impactador PM2.5 / PM10 (BGI)

| Mantenimiento de Impactador. | | |
|---|---|---------------|
|  | Procedimientos | Estado |
| | <ul style="list-style-type: none">• Limpieza del impactador PM2.5 / PM10, asegurando que las superficies internas y externas se encuentren libre de material particulado. | B |
| Observaciones: | | |
| Acciones correctivas: | | |
| EVALUACIÓN | | |
| B | Bueno | |
| X | Malo | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35.

Procedimiento de Mantenimiento de Bomba de Succión (BGI)

| Mantenimiento y Verificación de bomba de succión. | | |
|---|--|---------------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | • Limpieza superficial de la bomba de succión. | B |
| | • Verificación de la bomba de succión. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|-------------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

c) Verificación

Al culminar con el mantenimiento del equipo BGI, se realiza la verificación de cada uno de los parámetros del equipo, para ello se hace uso de un calibrador de flujos TETRACAL (7).

Tabla 36.

Verificación en campo de equipo BGI

| VERIFICACIÓN EN CAMPO DE EQUIPO BGI | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|------------|--------------|------------|
| TEMPERATURA | Valor Verificado °C | | Diferencia % | |
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Filtro | 27.8 | 27.82 | 0.1 % | 2 % |
| Ambiente | 24.6 | 24.61 | 0.0 % | 2 % |

Verificación: Aprobado

| PRESIÓN | Valor Verificado mmHg | | Diferencia % | |
|----------|-----------------------|------------|--------------|------------|
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Ambiente | 568 | 567.5 | 0.1 % | 10 % |

Verificación: Aprobado

| FLUJO | Verificación final lpm | | Diferencia % | |
|-------|------------------------|------------|--------------|------------|
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| | 16.67 | 16.69 | 0.1 % | 2.0 % |

Verificación: Aprobado

Observaciones:

Fuente: Elaboración propia.

d) Calibración

Cada 06 meses se realiza la calibración en campo al equipo BGI y toda vez que sea necesario, se realiza la prueba de fugas del sistema de flujos y se igualan los valores de los parámetros, para ello se hace uso de un calibrador de flujos TETRACAL (7).

Tabla 37.

Calibración en campo de equipo BGI

| CALIBRACIÓN EN CAMPO DE EQUIPO BGI | | | | | | |
|------------------------------------|------------------|------------|----------------|------------|--------------|------------|
| Temperatura | Valor inicial °C | | Valor Final °C | | Diferencia % | |
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Filtro | 26.3 | 26.58 | 26.55 | 26.57 | 0.1 % | 2 % |
| Ambiente | 26.7 | 27.18 | 27.18 | 27.19 | 0.0 % | 2 % |

Calibración: Aprobado

| Presión | Valor inicial mmHg | | Valor Final mmHg | | Diferencia % | |
|----------|--------------------|------------|------------------|------------|--------------|------------|
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Ambiente | 569 | 570.1 | 570 | 570.3 | 0.1 % | 10 % |

Calibración: Aprobado

Prueba de fugas: Aprobado

| Flujo | Punto De VERF 01 | | Punto de VERF 02 | | Punto de VERF 03 | | Valor Final | |
|------------------------|------------------|--------------|------------------|------------|----------------------|------------|-------------|------------|
| | (Valor Alto) lpm | | (Valor Bajo) lpm | | (Valor Promedio) lpm | | lpm | |
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador |
| | 15 | 13.79 | 18 | 15.20 | 16.7 | 16.66 | 16.7 | 16.66 |
| Verificación final lpm | | Diferencia % | | | | | | |
| Flujo | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible | | | | |
| | 16.7 | 16.66 | 0.2 % | 2.0 % | | | | |

Calibración: Aprobado

Observaciones:

Fuente: Elaboración propia.

D. Actividades con equipos monitores de partículas TEOM

Las Estaciones de Calidad de Aire con equipos TEOM se visitan con un mínimo de una vez por semana, es decir, 03 monitoreos y 01 mantenimiento de forma mensual.

El personal del área de Medio Ambiente de SMCV, realiza el monitoreo continuo desde su centro de control de forma remota. Por mi parte también lo realizo de forma remota con ayuda de un teléfono inteligente, de esta manera, se atiende cualquier emergencia o alerta que presente el equipo de forma oportuna.

a) Instalación

El equipo se instala teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM. Decreto Supremo que aprueba el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.
- Manual de fabricante.

Tabla 38.

Accesorios de equipo TEOM

| | TEOM 1405DF | TEOM 1405D |
|--|---|---|
| Accesorios |  |  |
| Gabinete de protección (incluye aire acondicionado) |  | |
| Cabezal INLET PM10 |  | |
| Sensor de temperatura ambiente |  | |
| Impactador PM2.5_coarse |  | |
| Bomba de succión |  | |

Fuente: Elaboración propia.

Thermo Fisher Scientific Inc., en su Manual (15) indica lo siguiente:

- **Gabinete de protección:** tiene la función de proteger en su interior al equipo TEOM, bomba de succión, datalogger y demás accesorios delicados.
- **Impactador:** Es el accesorio que permite separar las partículas finas (PM2.5) y las partículas gruesas (PMcoarse), se instala en el exterior del gabinete de protección.
- **Cabezal inlet PM10:** Es el accesorio por donde ingresa el flujo succionado por el equipo, se instala en la parte externa del equipo y se inserta a presión sobre el impactador.
- **Sensor de Temperatura Ambiente:** Es el accesorio que permite medir la temperatura ambiente, por esta razón se instala en la parte externa de equipo y se ajusta en el tubo del cabezal INLET PM10.
- **Bomba de succión:** La bomba de succión se instala en el interior del gabinete de protección y se conecta al equipo TEOM mediante una manguera de 1/4".

Para la instalación, hay que tener en cuenta que el cabezal INLET PM10 de los equipos deben estar ubicados a mayor altura que el cerco de la estación, esto permite al equipo registrar datos fiables de forma continua. El cabezal INLET PM10, se instala sobre el impactador PM2.5_coarse y juntos tienen una altura de 1.1 m., dichos accesorios se instalan sobre el gabinete de protección, que mide 1.8 m., en conclusión, la altura donde se ubica la parte superior del cabezal INLET PM10 es de 2.9 m. De esta forma, se cumple con lo establecido por el MINAM, donde detalla que la altura para instalar los equipos de monitoreo debe ser mayor a 1.5 metros y menor a 04 metros de altura (10).

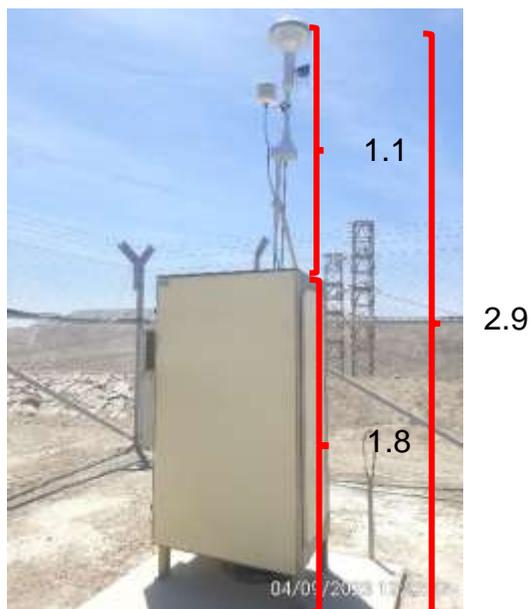


Figura 42. Altura total de instalación para el funcionamiento de equipos TEOM.

b) Monitoreo

Monitoreo en campo:

Los monitoreos en campo se realizan de forma semanal, se verifican los valores de los parámetros de concentración de material particulado (PM_{2.5}, PM_{coarse}, PM₁₀). Así mismo se verifica el nivel de saturación de los filtros de la microbalanza oscilatoria, si los niveles de saturación son altos, se realiza el cambio respectivo.



Figura 43. Cambio de Filtros de la Microbalanza Oscilatoria.

También se verifica el flujo de succión de la bomba de vacío, que por fines preventivos debe ser menor a 0.40 atm., si el flujo de succión es mayor a 0.40 atm., se procede a realizar el cambio de dicha bomba.

Al realizar todas las actividades descritas se registran los valores en un cuaderno de campo.

Los equipos se monitorean de forma remota, puesto que se encuentran conectados a la red de fibra óptica y al modem celular a través del equipo registrador datos datalogger. De esta forma, el personal del área de Medio Ambiente de SMCV, puede realizar los monitoreos de forma continua y también por mi parte realizo el monitoreo a través de mi teléfono inteligente.

Monitoreo remoto:

El monitoreo se realiza de forma remota con ayuda de los dispositivos de comunicación como son modem celular o mediante la red de fibra óptica; de esta forma, se puede detectar cualquier falla de forma oportuna y realizar acciones correctivas.

- Generalmente, el personal del área de medio ambiente de SMCV se encarga de realizar esta actividad desde su centro de control.
- Mi persona también realiza el monitoreo remoto, haciendo uso de un teléfono inteligente y también de una computadora toda vez que me encuentre en oficina.



Figura 44. Monitoreo remoto de equipo TEOM haciendo uso de un teléfono inteligente.

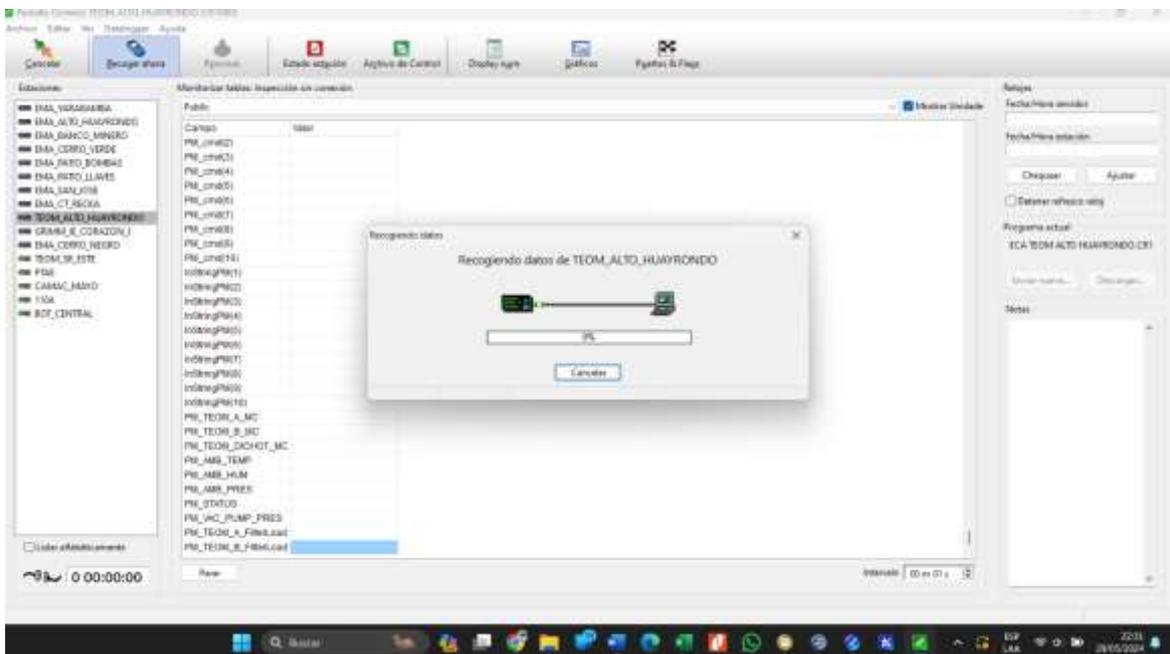


Figura 45. Monitoreo remoto de Equipo TEOM haciendo uso de una computadora.

c) Mantenimiento

En las estaciones de calidad del aire con equipos de monitores de partículas TEOM, el mantenimiento se realiza de forma mensual.

Se realiza la limpieza y remoción de partículas de las superficies, de cada componente que se describe a continuación:

Tabla 39.

Procedimiento de mantenimiento de sensor de temperatura

| Mantenimiento de sensor de Temperatura. | | |
|---|---|---------------|
|  | Procedimientos | Estado |
| | <ul style="list-style-type: none">• Limpieza del sensor de temperatura y humedad, asegurando que el blindaje del sensor se encuentre libre de material particulado. | B |
| Observaciones: | | |
| Acciones correctivas: | | |
| EVALUACIÓN | | |
| B | Bueno | |
| X | Malo | |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40.

Procedimiento de mantenimiento de cabezal INLET PM10

| Mantenimiento de Cabezal INLET PM10. | | |
|---|---|----------|
| | Procedimientos | Estado |
|  | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del cabezal INLET PM10, asegurando que se encuentre libre de material particulado. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación de los O-ring o juntas, y asegurar que se encuentren en buenas condiciones. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del interior del colector de admisión. | B |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de una ligera capa de silicona líquida a los O-RING o juntas, para asegurar el sello hermético del equipo. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

| EVALUACIÓN | |
|------------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41.

Procedimiento de mantenimiento de Impactador PM2.5_coarse

| Mantenimiento de Impactador PM2.5_coarse. | |
|---|----------|
| Procedimientos | Estado |
|  <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza del impactador PM2.5_10, asegurando que las superficies internas y externas se encuentren libre de material particulado. | B |
| Observaciones: | |
| Acciones correctivas: | |
| EVALUACIÓN | |
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42.

Procedimiento de mantenimiento de Bomba de Vacío o Succión

| Mantenimiento y verificación de Bomba de vacío o succión. | |
|---|----------|
| Procedimientos | Estado |
|  <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza superficial de la bomba de succión con sopladora eléctrica. • Verificación de la bomba de succión. • Verificación de vacío generado por la succión de aire | B |
| | B |
| | B |
| Observaciones: | |
| Acciones correctivas: | |
| EVALUACIÓN | |
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 43.

Procedimiento de mantenimiento de microbalanza oscilatoria

Mantenimiento de Microbalanza Oscilatoria.



| Procedimientos | Estado |
|---|----------|
| • Limpieza superficial de la microbalanza oscilatoria. | B |
| • Verificación de gomas herméticas | B |
| • Verificación de la alineación de la microbalanza oscilatoria. | B |

Observaciones:

Acciones correctivas:

EVALUACIÓN

| | |
|----------|-------|
| B | Bueno |
| X | Malo |

Fuente: Elaboración propia.

d) Verificación

Al culminar con el mantenimiento del equipo monitor de partículas TEOM, se realiza la verificación de cada uno de los parámetros del equipo (15). Para ello se hace uso del calibrador de flujos TETRACAL, también se verifica el vacío generado por la bomba de succión.

Tabla 44.

Verificación en campo de equipo TEOM

| VERIFICACIÓN EN CAMPO EQUIPO TEOM | | | | |
|--|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| TEMPERATURA | Valor Verificado °C | | Diferencia % | |
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Filtro PM2.5 | 50 | 49.99 | 0.0 % | 2 % |
| Filtro PMcoarse | 50 | 50 | 0.0 % | 2 % |
| Ambiente | 25.4 | 25.37 | 0.1 % | 2 % |

Verificación: Aprobado

| PRESIÓN | Valor Verificado °C | | Diferencia % | |
|----------------|----------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| Ambiente | 568 | 567.5 | 0.1 % | 10 % |

Verificación: Aprobado

| BOMBA DE VACIO O SUCCIÓN | Valor verificado atm | Permisible atm |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | 0.32 | 0.40 |

Verificación:

| FLUJO | Verificación final lpm | | Diferencia % | |
|--------------|-------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permisible |
| 01 PM2.5 | 3.00 | 2.99 | 0.3 % | 2.0 % |
| 02 PMcoarse | 1.67 | 1.68 | 0.6 % | 2.0 % |
| 03 Bypass | 12 | 11.99 | 0.1 % | 2.0 % |
| TOTAL | 16.67 | 16.66 | 0.1 % | 2.0 % |

Verificación: Aprobado

Observaciones:

Fuente: Elaboración propia.

e) Calibración

Cada 06 meses se realiza la calibración en campo al equipo TEOM, y toda vez que sea necesario, se realiza la prueba de fugas del sistema de flujos y se igualan los valores de los parámetros (7). Para ello se hace uso del calibrador de flujos TETRACAL, también se verifica el vacío generado por la bomba de succión.

Tabla 45.

Calibración en campo de equipo TEOM

| CALIBRACIÓN EN CAMPO EQUIPO TEOM | | | | | | | | |
|--|----------------------|--------------|----------------------|--|----------------------|-------------|-------------|------------|
| TEMPERATURA | Valor inicial °C | | Valor Final °C | | Diferencia % | | | |
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Resultado | Permissible | | |
| Filtro PM2.5 | 27.8 | 28.2 | 28.18 | 28.18 | 0.00 % | 2 % | | |
| Filtro PMcoarse | 27.8 | 28.2 | 28.22 | 28.2 | 0.07 % | 2 % | | |
| Ambiente | 24.6 | 24.66 | 24.68 | 24.69 | 0.04 % | 2 % | | |
| Calibración: | Aprobado | | | | | | | |
| PRESIÓN | Valor inicial atm | | Valor Final atm | | Diferencia % | | | |
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Resultado | Permissible | | |
| Ambiente | 0.778 | 0.775 | 0.777 | 0.774 | 0.4 % | 10 % | | |
| Calibración: | Aprobado | | | | | | | |
| BOMBA DE VACIO O SUCCIÓN | Valor verificado atm | | Permissible atm | | | | | |
| | 0.32 | | 0.45 | | | | | |
| Cambio de filtros de la microbalanza oscilatoria | | | | | Realizado | | | |
| Cambio de filtros laterales de 47 mm. (1405DF) | | | | | Realizado | | | |
| Prueba de fugas menor a 0.15 lpm: Aprobado | | | | Prueba de fugas menor a 0.65 lpm: Aprobado | | | | |
| Punto de VERF 01 | lpm | | Punto de VERF 02 lpm | | Punto de VERF 03 lpm | | Valor Final | |
| | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador | Equipo | Calibrador |
| PM2.5 | 2.40 | 2.25 | 3.60 | 2.74 | 3.00 | 3.40 | 3.00 | 3.02 |
| PMcoarse | 1.30 | 1.31 | 2.00 | 2.86 | 1.70 | 1.95 | 1.67 | 1.68 |
| Bypass | 9.60 | 8.92 | 14.44 | 15.03 | 12.00 | 11.73 | 12 | 12 |
| Verificación final lpm | | | Diferencia % | | | | | |
| | Equipo | Calibrador | Resultado | Permissible | | | | |
| PM2.5 | 3.00 | 3.02 | 0.7 % | 2.0 % | | | | |
| PMcoarse | 1.67 | 1.68 | 0.6 % | 2.0 % | | | | |
| Bypass | 12.00 | 12.00 | 0 % | 2.0 % | | | | |
| TOTAL | 16.67 | 16.70 | 0.2 % | 2.0 % | | | | |
| Calibración: | Aprobado | | | | | | | |

Observaciones:

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.6 Retiro de equipos y componentes de EMAs y ECAs

En algunos casos, es necesario retirar los equipos o componentes de las estaciones, mayormente se encuentran dentro del asentamiento minero de Cerro Verde, para ello se debe de realizar el trámite respectivo siguiendo los procedimientos pertinentes. Los retiros de equipos y componentes se realizan por los siguientes motivos:

- Verificación y prueba de equipos y componentes nuevos.
- Reparación de equipos y componentes.
- Mantenimiento detallado de equipos y componentes.
- Reubicación de equipos.

5.3.2.7 Elaboración de informe de las actividades de campo.

- Se elabora el cronograma de actividades que se realizaron durante el mes.
- En los informes, se detallan las actividades que se realizaron en campo.
- Con ayuda de los apuntes que se tomaron en el cuaderno campo, se detallan las pruebas que se realizaron a los equipos y sensores junto con los resultados que se obtuvieron.
- Dependiendo de los resultados, se especifican las observaciones, recomendaciones y comentarios.
- También se detallan actividades no rutinarias en un apartado especial del informe.

5.3.2.8 Actividades adicionales

- Se brinda apoyo a las actividades de proyectos especiales relacionados a geotecnia, sistema de flujo de aguas, sistema de bombeo de aguas entre otros; todas estas actividades se realizan en el interior de las instalaciones de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.
- Reconocimiento de área y lugares donde se desarrollarán nuevos proyectos.
- Apoyo en proyectos especiales.



Figura 46. Apoyo en proyectos especiales – Sociedad Minera Cerro Verde.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

6.1 RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

6.1.1 Resultado de cumplimiento de actividades realizadas en SMCV

El correcto orden y organización de las actividades en campo, da como resultado el cumplimiento de todas las actividades programadas en el plazo establecido, el cual se evidencian en la presentación y entrega de informes.

6.1.2 Resultado obtenido de las EMAs

El resultado obtenido, es el correcto funcionamiento de sensores y componentes meteorológicos, que se ve reflejado en la validación de datos donde se tiene una cantidad muy reducida de datos eliminados.

A continuación, se detallan las figuras de parámetros meteorológicos.

A. Temperatura Ambiente

Durante los días del mes de septiembre del año 2023, los valores más altos se registraron entre las 12:00 y 13:00 horas, con temperaturas que oscilan entre los 19°C a 22°C aproximadamente. Los valores mínimos de temperatura se registraron entre las 05:00 y 06:00 horas, con temperaturas que oscilan entre 12°C a 13°C aproximadamente.

Las condiciones antes mencionadas, coinciden con las condiciones normales propias de la zona, demostrado así el correcto registro de datos.

En la siguiente figura se muestra el registro horario de temperatura ambiente, mostrando así los valores mínimos, máximos y valores promedios según las horas del día.

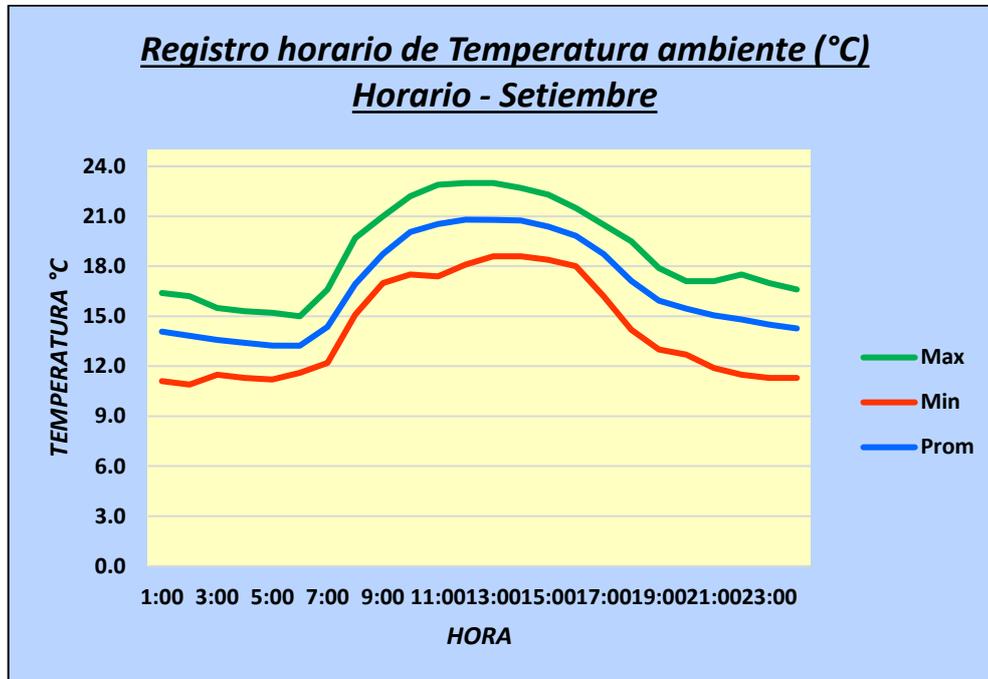


Figura 47. Registro horario de Temperatura ambiente (°C).

La siguiente figura muestra el registro diario de temperatura, mostrando los valores mínimos, máximos y valores promedios según los días del mes. Se puede apreciar que el valor de temperatura mínima se registró el día 13 de septiembre y el valor de temperatura máxima se registró el día 26 de septiembre.

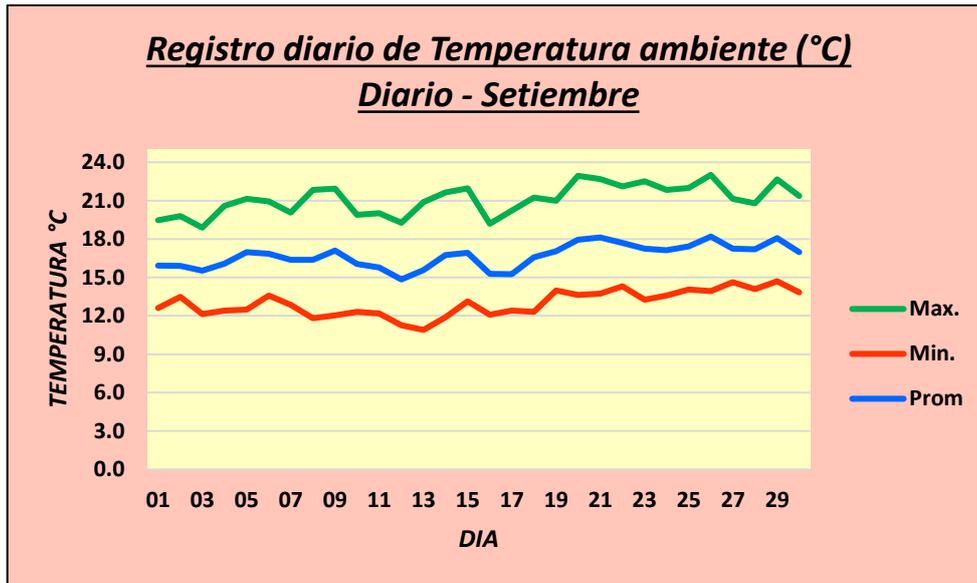


Figura 48. Registro diario de Temperatura ambiente (°C)

B. Humedad Relativa

Durante los días del mes de septiembre del 2023, los valores más altos se registraron entre las 22:00 y 23:00 horas, con humedad relativa que oscila entre el 28 % a 50 % aproximadamente. Los valores mínimos de humedad relativa se registran entre las 12:00 y 13:00 horas, con humedad relativa que oscila entre 05 % a 20 % aproximadamente.

Las condiciones antes mencionadas coinciden con las condiciones normales propias de la zona, demostrando así el correcto registro de datos.

En la siguiente figura se muestra el registro horario de humedad relativa, mostrando así los valores mínimos, máximos y valores promedios según las horas del día.

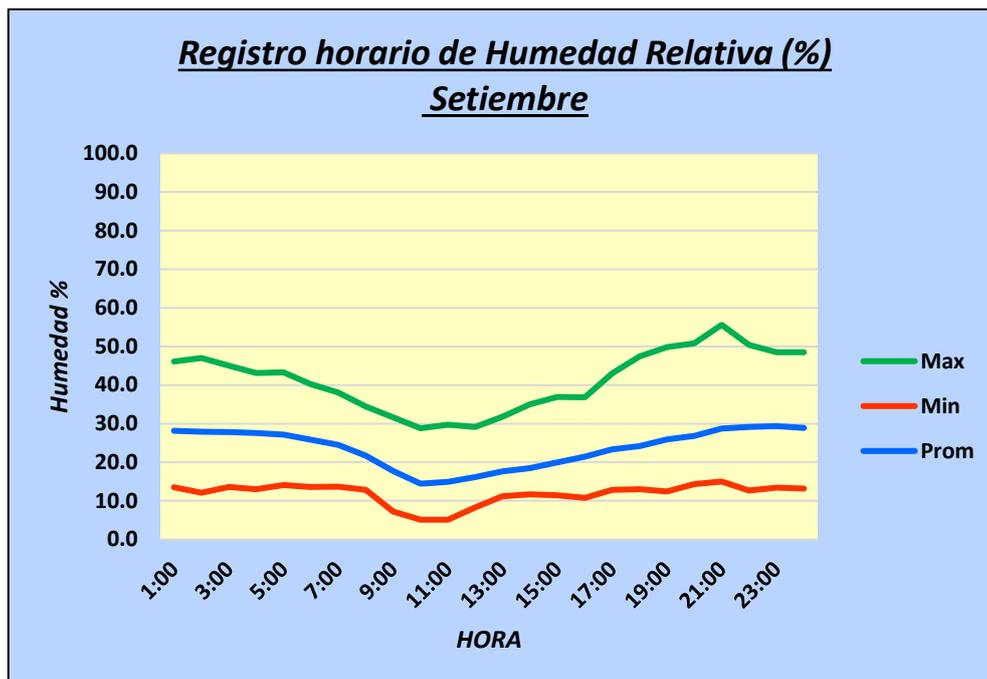


Figura 49. Registro horario de Humedad Relativa Ambiente (%).

La siguiente figura muestra el registro diario de humedad relativa, mostrando así los valores mínimos, máximos y valores promedios según los días del mes. Se puede apreciar que los valores de humedad relativa mínima se registraron los días 08, 09 y 14 de septiembre y el valor de humedad relativa máxima se registró el día 12 de septiembre.

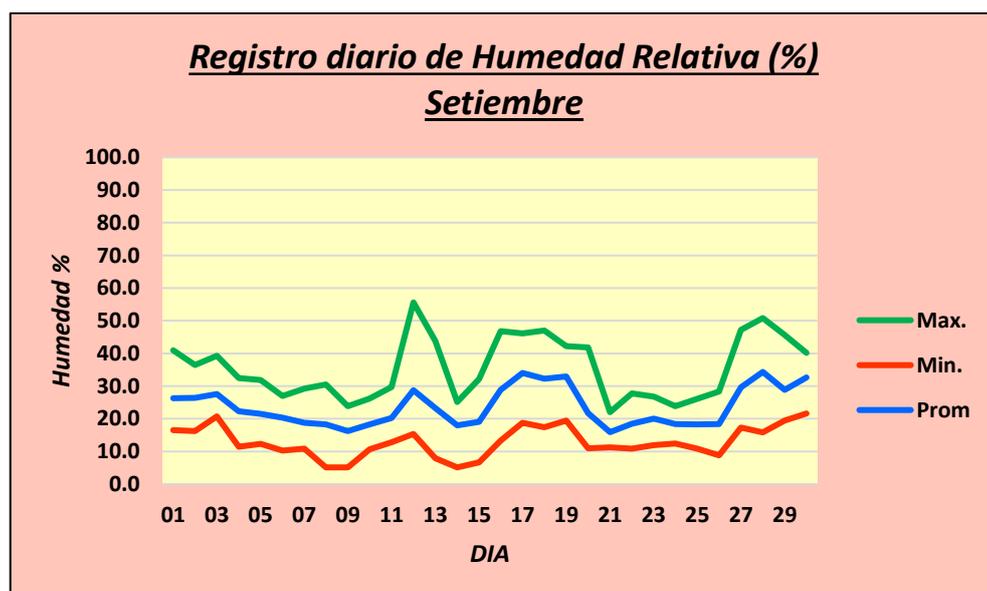


Figura 50. Registro diario de Humedad Relativa (%).

C. Presión Atmosférica

Durante los días del mes de septiembre del 2023, los valores más altos se registraron entre las 21:00 y 23:00 horas, con presiones atmosféricas que oscilan entre 740 hPa a 741.8 hPa aproximadamente. Los valores mínimos de temperatura se registran entre las 03:00 a 05:00 horas y 15:00 a 16:00 horas, con presiones atmosféricas que oscilan entre 736.5 hPa a 738 hPa aproximadamente.

Las condiciones antes mencionadas, coinciden con las condiciones normales propias de la zona, demostrando así el correcto registro de datos.

En la siguiente figura se muestra el registro horario de presión atmosférica, mostrando así los valores mínimos, máximos y valores promedios según las horas del día.

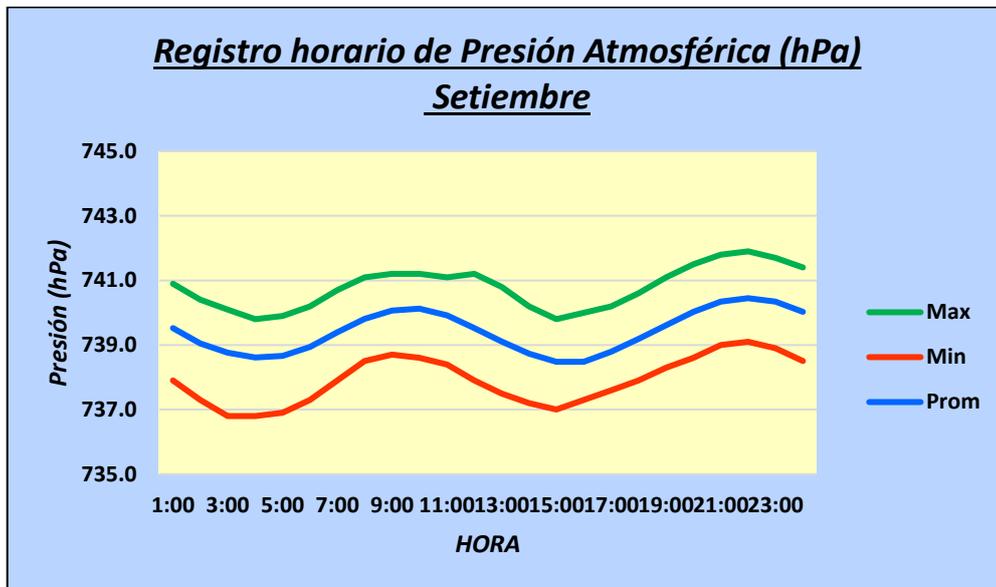


Figura 51. Registro horario de Presión Atmosférica (hPa)

La siguiente figura muestra el registro diario de presión atmosférica, mostrando así los valores mínimos, máximos y valores promedios según los días del mes. Se puede apreciar que el valor de presión atmosférica mínima se registró el día 15 de septiembre y el valor de presión atmosférica máxima se registró el día 25 de septiembre.

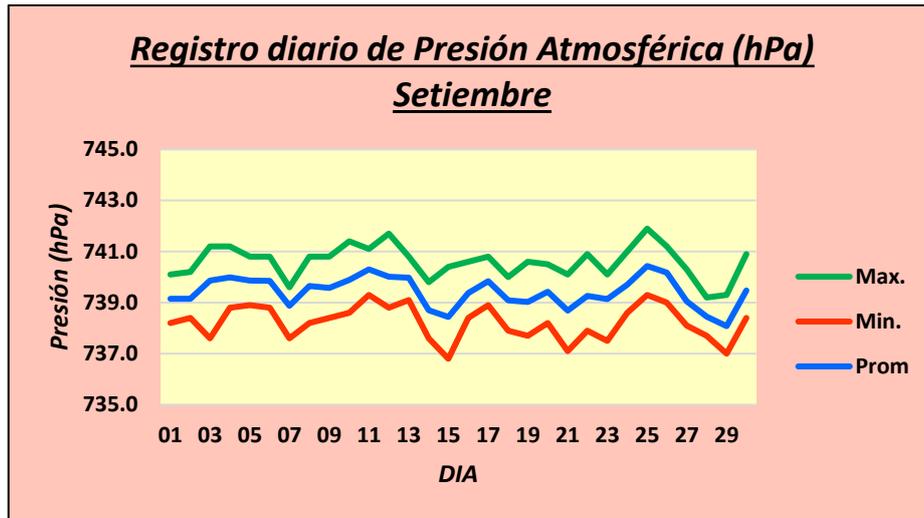


Figura 52. Registro diario de Presión Atmosférica (hPa).

D. Rosa de viento

Durante el mes de septiembre del año 2023, se registran vientos predominantes hacia la dirección este y oeste:

Este: Con velocidades de viento más frecuente de 02 m/s a 04 m/s y llegan a alcanzar los 06 m/s.

Oeste: Con velocidades de viento más frecuente de 05 m/s a 08 m/s y llegan a alcanzar los 10 m/s.

Las condiciones antes mencionadas coinciden con las condiciones normales propias de la zona, demostrado así el correcto registro de datos.

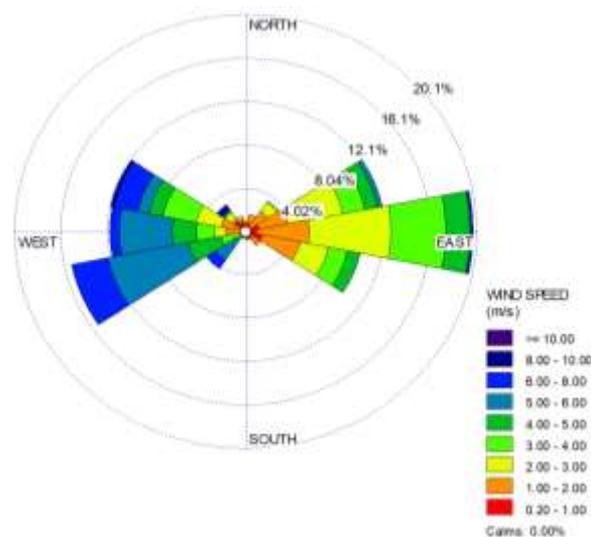


Figura 53. Rosa de viento.

E. Radiación Global Mensual

Durante el mes de septiembre del 2023, los valores de radiación global se registraron a partir de las 06:00 horas hasta las 18:00 horas, los valores más altos de cada día se registraron entre las 11:00 y 13:00 horas, con valores de hasta 1050 w/m². Los valores mínimos se registran a las 06:00 horas y a las 18:00 horas.

Las condiciones antes mencionadas coinciden con las condiciones normales propias de la zona, demostrando así el correcto registro de datos.

En la siguiente figura se muestra el registro horario de radiación global.

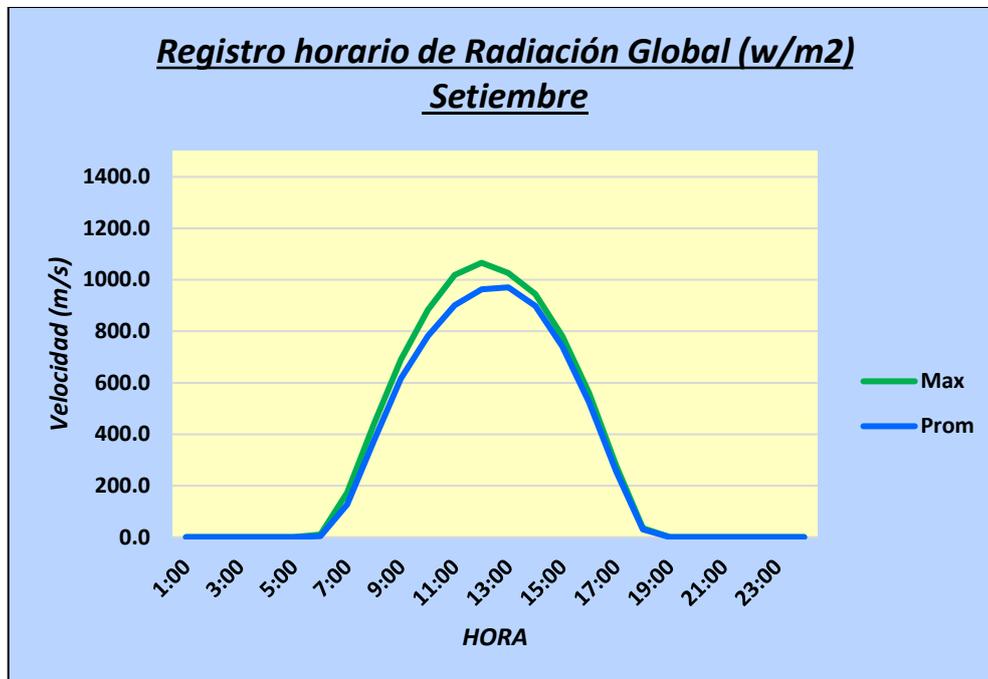


Figura 54. Registro horario de Radiación Global (w/m²).

En la siguiente figura se muestra el registro diario de radiación global, mostrando así los máximos y valores promedios según los días del mes. Se puede apreciar que el valor de radiación global mínima se registró el día 05 de septiembre y el valor de radiación global máximo se registró el día 19 de septiembre.

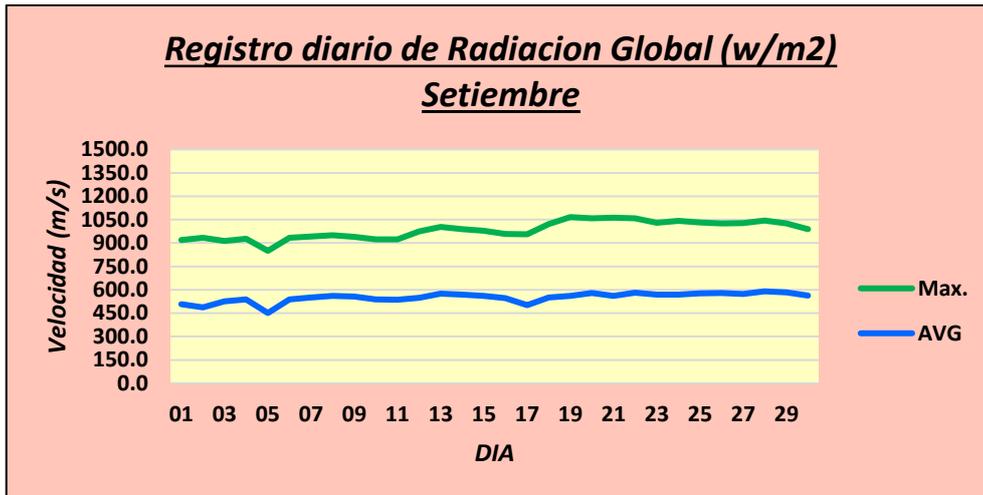


Figura 55. Registro diario de Radiación Global.

6.1.3 Resultados obtenidos de contrastación de sensores de EMAs

De acuerdo con las pruebas realizadas en campo y al resultado del análisis que se realizó a cada sensor se tienen los siguientes resultados:

a) Contrastación de sensor de temperatura / Humedad Relativa: Temperatura (°C)

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón, se realizan pruebas en 3 condiciones de temperatura diferentes, las cuales son; condición ambiental, condición aproximada a 40°C y condición aproximada a 0°C; de los cuales se tienen los siguientes resultados.

Temperatura Ambiente: De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 0.25 °C. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.13 °C no supera dicho resultado.

Tabla 46.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Temperatura Ambiente.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE TEMPERATURA AMBIENTE (°C) | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|--|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 19.5 | 19.6 | 19.6 | 19.53 |
| Sensor patrón | 19.3 | 19.4 | 19.3 | 19.4 | 19.5 | 19.5 | 19.40 |
| Error Absoluto +/- | 0.13 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |
| Error Relativo (%) | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.65 |
| Desviación Estándar | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.09 |
| D. Estándar Media | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.06 |
| Incertidumbre Tipo A | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.17 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA 0.13 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor patrón 0.13 |
| | | | | | | | Incertidumbre Combinada ± 0.25 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\leq \pm 0.5$ °C del equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA (± 0.50 °C); tal como se muestra en la siguiente gráfica.

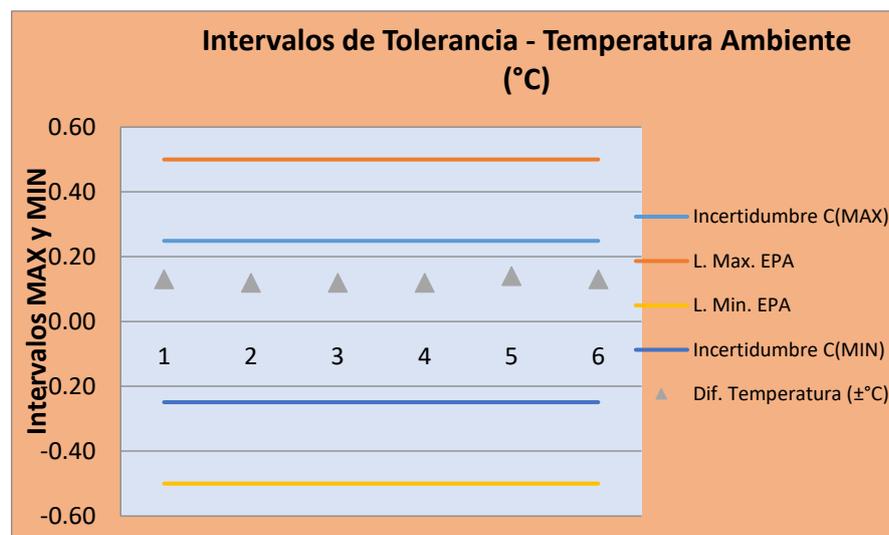


Figura 56. Intervalos de Tolerancia – Temperatura Ambiente (C°).

A continuación, se muestra el comparativo de las 6 mediciones tomadas en función al tiempo; se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA ($\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$)

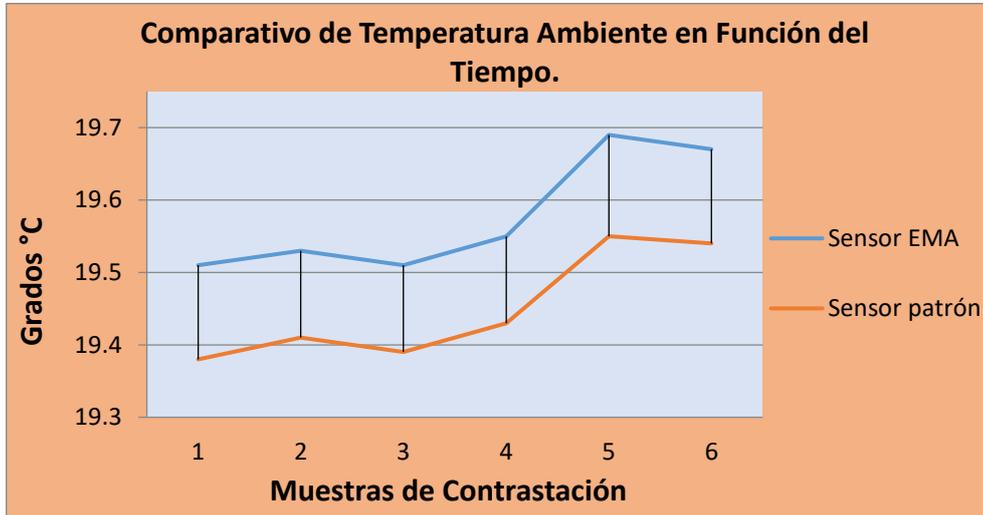


Figura 57. Comparativo de Temperatura Ambiente en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9951$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

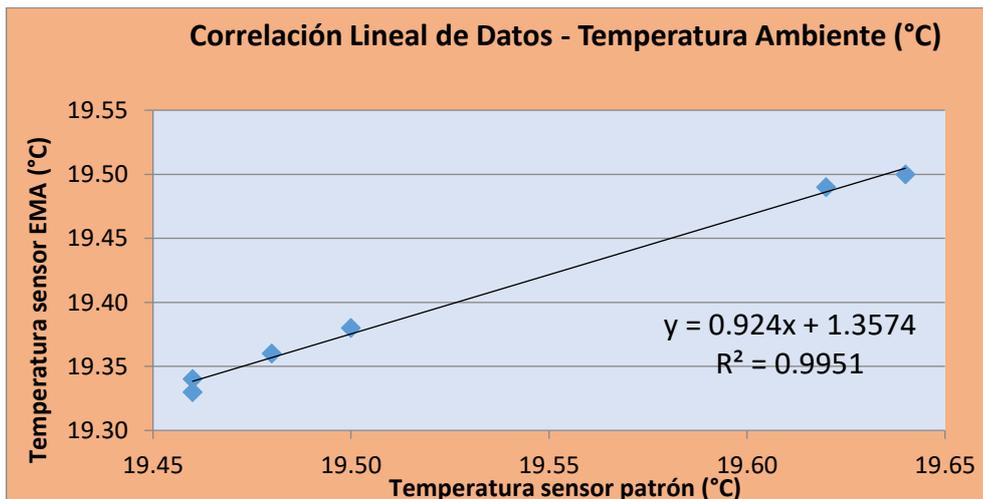


Figura 58. Correlación Lineal de Datos – Temperatura Ambiente (C°)

Temperatura aproximada a 40°C: De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 0.23 °C. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.11 °C no supera dicho resultado.

Tabla 47.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Temperatura aproximada a 40°C.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE TEMPERATURA APROXIMADA A 40°C | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 33.5 | 34.5 | 34.7 | 35.0 | 35.1 | 34.5 | 34.53 |
| Sensor patrón | 33.4 | 34.5 | 34.6 | 34.8 | 35.0 | 34.3 | 34.42 |
| Error Absoluto +/- | 0.14 | 0.05 | 0.09 | 0.12 | 0.09 | 0.14 | 0.11 |
| Error Relativo (%) | 0.4 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.31 |
| Desviación Estándar | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.07 |
| D. Estándar Media | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.05 |
| Incertidumbre Tipo A | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.14 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA |
| | | | | | | | 0.13 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor patrón |
| | | | | | | | 0.13 |
| | | | | | | | Incertidumbre Combinada |
| | | | | | | | 0.23 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\leq \pm 0,5$ °C del equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA (± 0.50 °C); tal como se muestra en la siguiente figura.

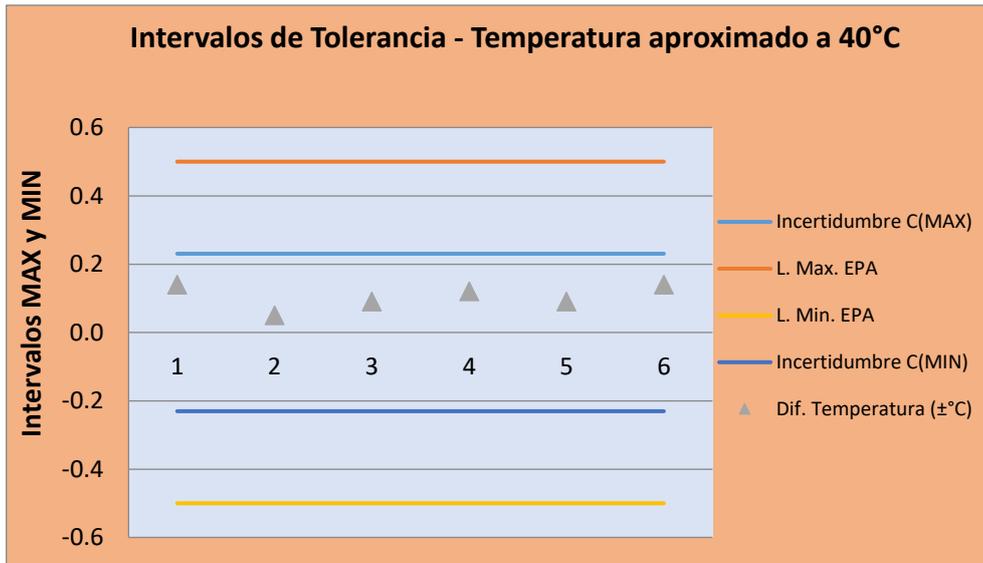


Figura 59. Intervalo de Tolerancia – Temperatura aproximada a 40°C.

A continuación, se muestra el comparativo de las 6 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.5 °C).

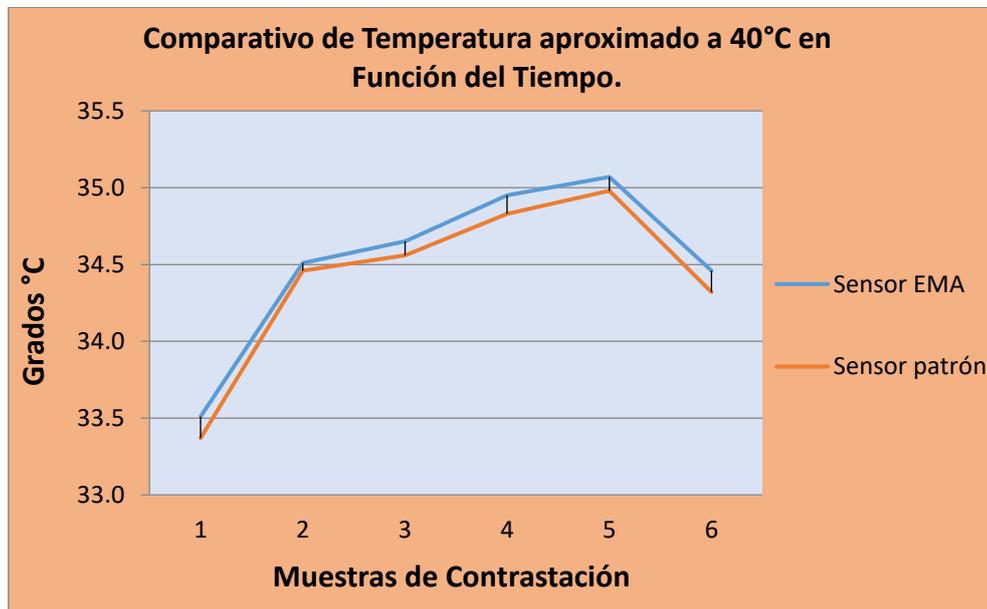


Figura 60. Comparativo de Temperatura aproximada a 40°C en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva

fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9969$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

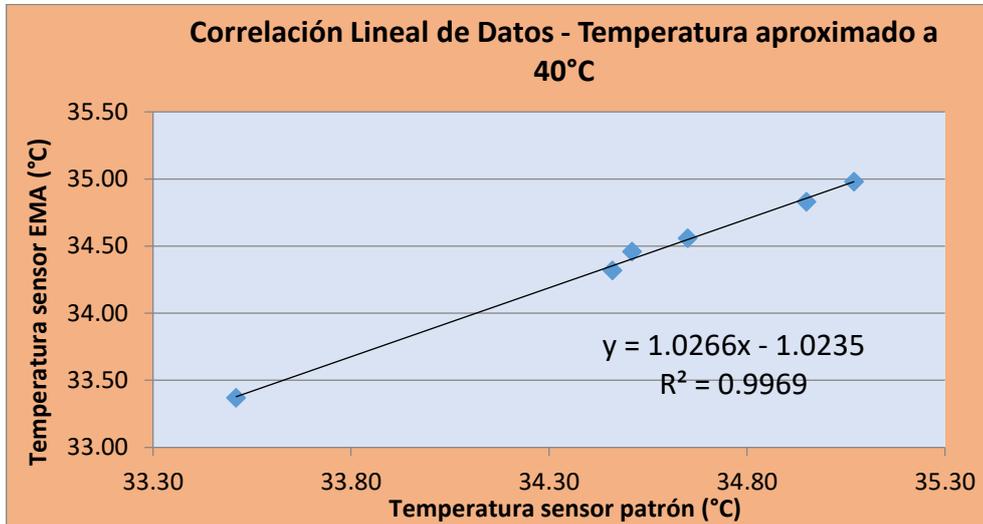


Figura 61. Correlación Lineal de Datos – Temperatura aproximado a 40°C.

Temperatura aproximada a 0°C: De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 0.23 °C. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.11 °C no supera dicho resultado.

Tabla 48.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Temperatura aproximada a 0°C.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE TEMPERATURA APROXIMADA A 0°C | | | | | | | |
|---|---|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 9.9 | 9.7 | 9.3 | 8.4 | 8.2 | 8.0 | 8.93 |
| Sensor patrón | 9.8 | 9.7 | 9.2 | 8.4 | 8.0 | 7.9 | 8.82 |
| Error Absoluto +/- | 0.13 | 0.09 | 0.09 | 0.04 | 0.13 | 0.16 | 0.11 |
| Error Relativo (%) | 1.3 | 0.9 | 1.0 | 0.5 | 1.6 | 2.0 | 1.23 |
| Desviación Estándar | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.08 |
| D. Estándar Media | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.05 |
| Incertidumbre Tipo A | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.2 | 0.14 |
| | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA | | | | | | 0.13 |
| | Incertidumbre Tipo B - Sensor patrón | | | | | | 0.13 |
| | Incertidumbre Combinada | | | | | | 0.23 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\leq \pm 0,5$ °C del equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA (± 0.50 °C); tal como se muestra en la siguiente figura.

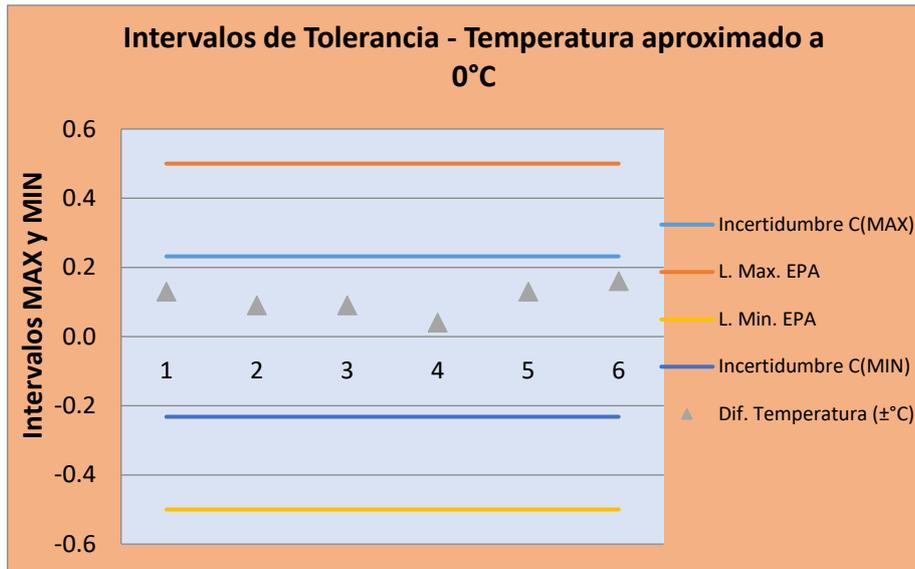


Figura 62. Intervalos de Tolerancia – Temperatura aproximado a 0°C

A continuación, se muestra el comparativo de las 06 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.5 °C).

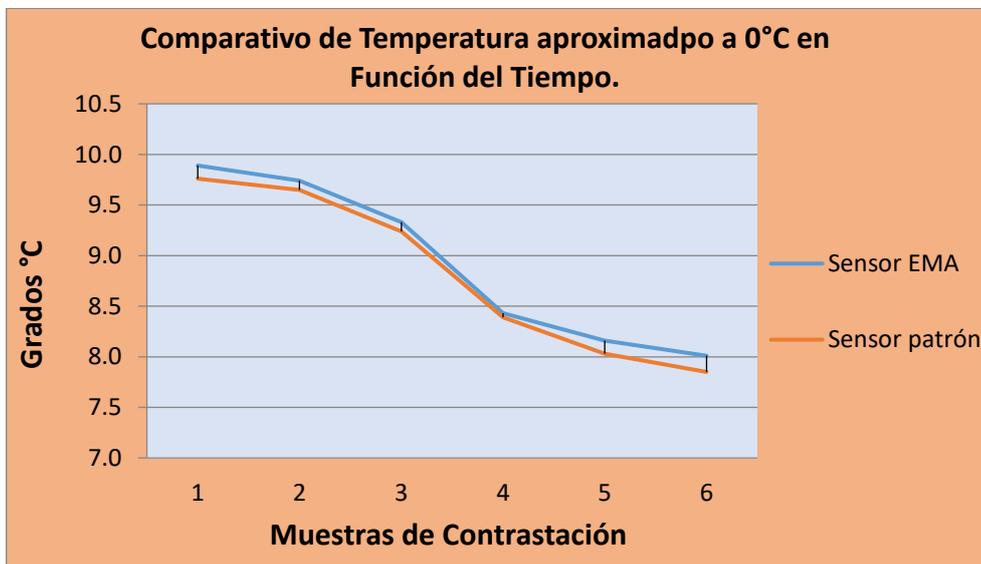


Figura 63. Comparativo de Temperatura aproximado a 0°C en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9975$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

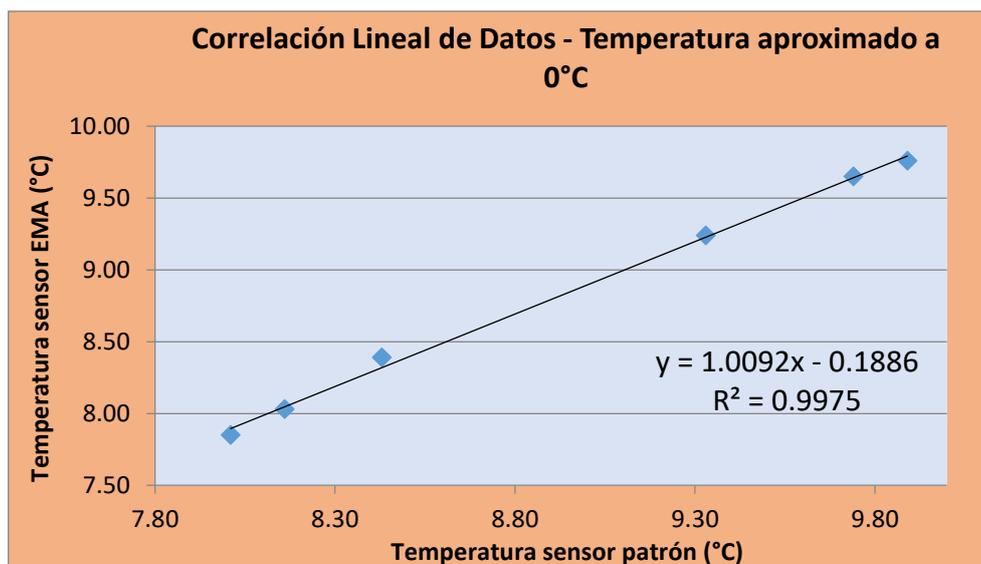


Figura 64. Correlación Lineal de Datos – Temperatura aproximada a 0°C.

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte en las 03 condiciones de Temperatura, se considera como resultado final al promedio de repeticiones de las 3 condiciones cuyo valor es de 0.11 °C, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.5 °C); De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 49.

Resultado final de contrastación de Sensor de Temperatura (°C)

| Resultado final de contrastación – Sensor de Temperatura (°C) | | | |
|--|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| V. Sensor EMA | V. Sensor Patrón | Exactitud [±/-] | Condición |
| 19.53 °C | 19.40 °C | 0.13 °C | Temperatura Ambiental |
| 34.53 °C | 34.42 °C | 0.11 °C | Aproximado a 0 °C |
| 8.93 °C | 8.82 °C | 0.11 °C | Aproximado a 40° |
| *Exactitud según EPA | | Promedio | Resultado |
| (± 0.5 °C) | | 0.11 °C | APROBADO |

* Exactitud referencia de Volume IV: Meteorological Measurements

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Adicionalmente se realizó un comparativo de la Temperatura Ambiente en función de 24 horas de medición, obteniendo como resultado que la diferencia promedio entre los valores del sensor de la EMA y sensor Patrón es de 0.03 °C, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA según se muestra en la siguiente figura.

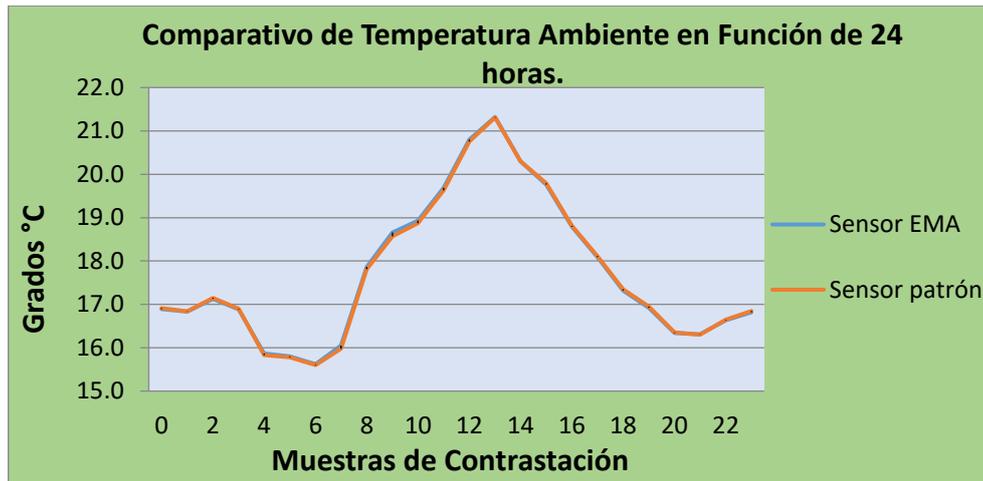


Figura 65. Comparativo de Temperatura Ambiente en función de 24 horas.

Humedad Relativa (%)

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón, se realizan pruebas en 3 condiciones de humedad diferentes, las cuales son; condición ambiental, condición aproximada a 100 % y condición aproximada a 0 %; de los cuales se tienen los siguientes resultados.

Humedad Ambiente: De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 1.72 %. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.74 % no supera dicho resultado.

Tabla 50.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Humedad Ambiente.

| MUESTRA | AMBIENTE (%) | | | | | | PROMEDIO |
|-----------------------------|--|------|------|------|------|------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Sensor EMA | 47.8 | 47.9 | 48.0 | 48.0 | 48.1 | 48.3 | 48.03 |
| Sensor Patrón | 47.1 | 47.3 | 47.3 | 47.3 | 47.4 | 47.5 | 47.30 |
| Error Absoluto +/- | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.74 |
| Error Relativo (%) | 1.5 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.55 |
| Desviación Estándar | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.52 |
| D. Estándar Media | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.37 |
| Incertidumbre Tipo A | 1.0 | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.97 |
| | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA | | | | | | 1.00 |
| | Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F | | | | | | 1.00 |
| | Incertidumbre Combinada | | | | | | ±1.72 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\pm 2\%$ de equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA ($\pm 2\%$); tal como se muestra en la siguiente figura.

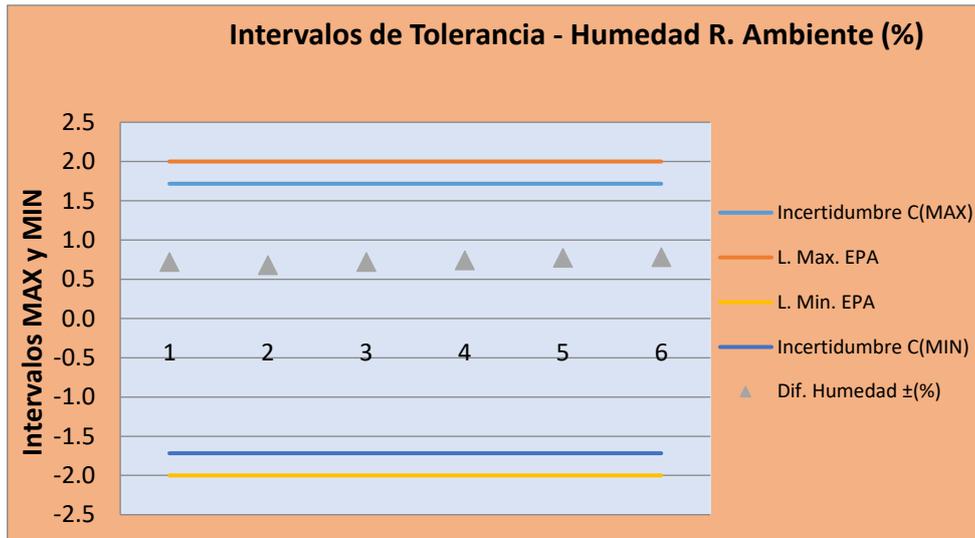


Figura 66. Intervalos de Tolerancia – Humedad R. Ambiente (%)

A continuación, se muestra el comparativo de las 06 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA ($\pm 2\%$)

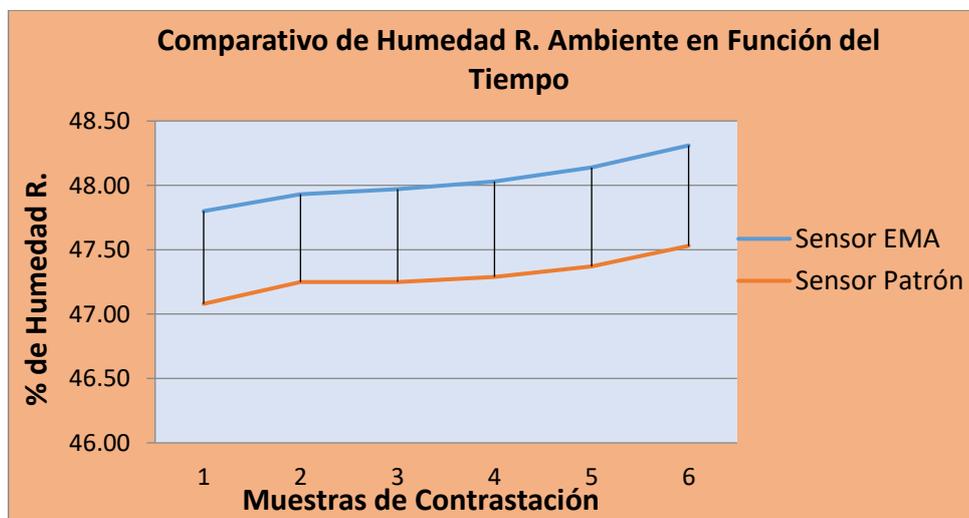


Figura 67. Comparativo de Humedad R. Ambiente en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9789$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

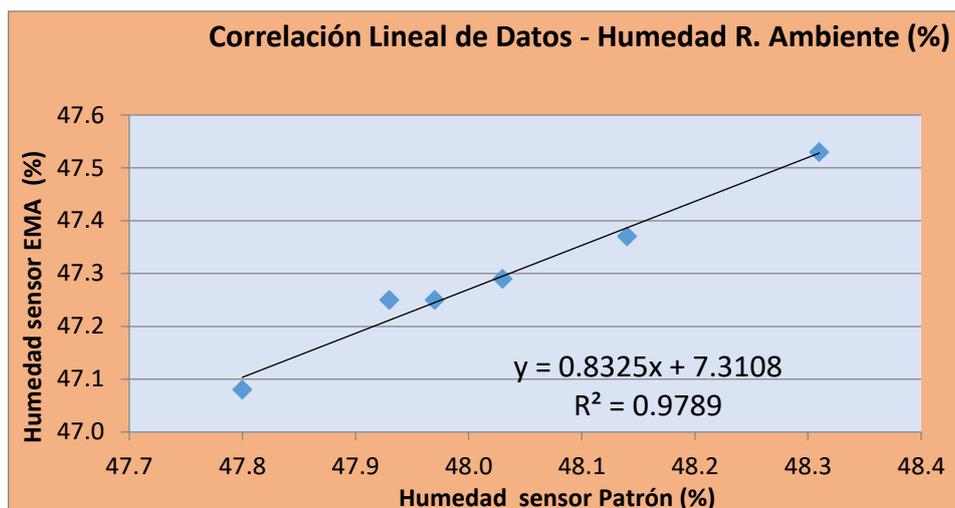


Figura 68. Correlación Lineal de Datos – Humedad R. Ambiente.

Humedad Ambiente aproximado al 100 %: De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado $\pm 1.75\%$. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.77% no supera dicho resultado.

Tabla 51.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Humedad Ambiente.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE HUMEDAD APROXIMADO A 100 % | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|--|-----------------|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 81.9 | 83.3 | 83.9 | 84.4 | 85.2 | 86.1 | 84.13 |
| Sensor Patrón | 82.5 | 84.0 | 84.9 | 85.3 | 86.0 | 86.8 | 84.90 |
| Error Absoluto +/- | 0.6 | 0.6 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.77 |
| Error Relativo (%) | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.91 |
| Desviación Estándar | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.55 |
| D. Estándar Media | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.39 |
| Incertidumbre Tipo A | 0.8 | 0.8 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 1.02 |
| | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA | 1.00 |
| | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F | 1.00 |
| | | | | | | Incertidumbre Combinada | 1.75 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\pm 2\%$ de equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA ($\pm 2\%$); tal como se muestra en la siguiente figura.

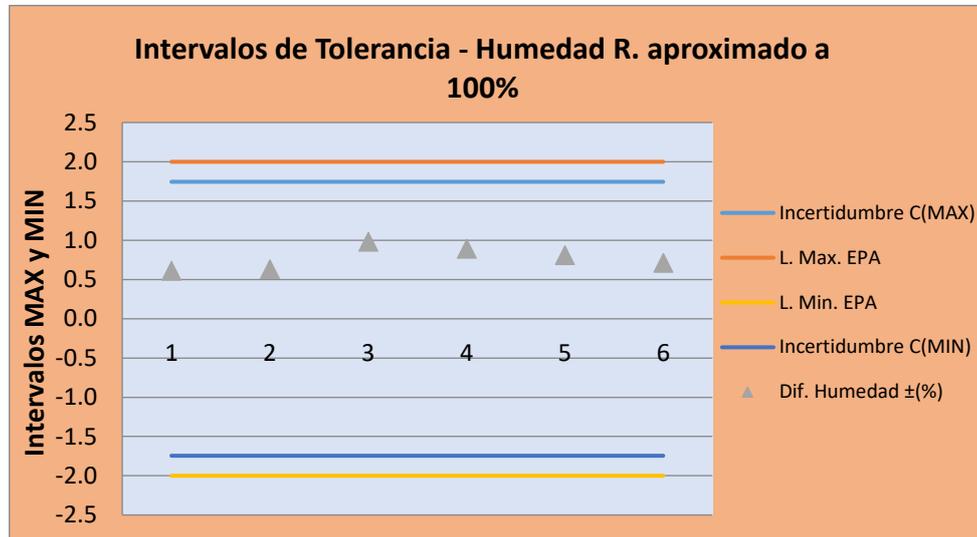


Figura 69. Intervalos de Tolerancia – Humedad R. aproximada a 100 %.

A continuación, se muestra el comparativo de las 06 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA ($\pm 2\%$).

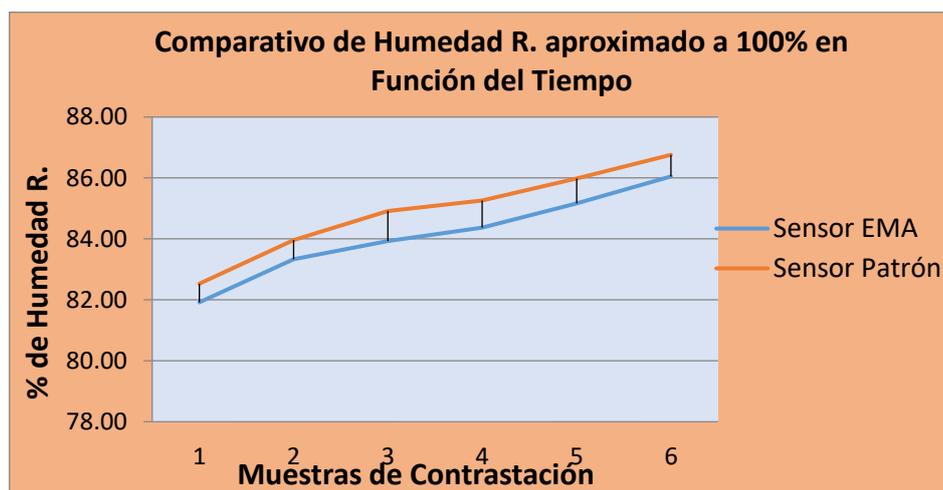


Figura 70. Comparativo de Humedad R. aproximado a 100 % en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva

fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9916$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

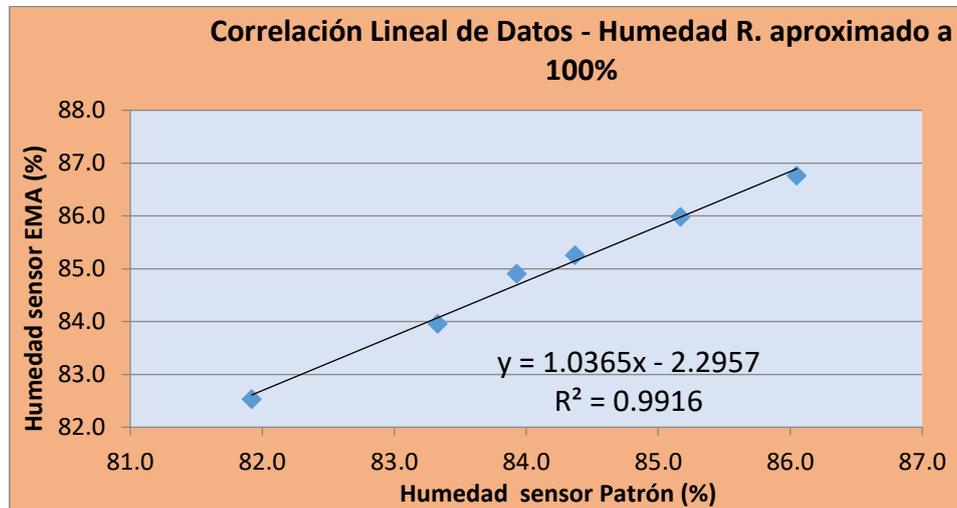


Figura 71. Correlación Lineal de Datos – Humedad R. aproximado a 100 %.

Humedad Ambiente aproximado al 0 %: De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 1.63 %. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.61 % no supera dicho resultado.

Tabla 52.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Humedad aproximado a 0 %.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE HUMEDAD | | | | | | | |
|--|--|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------|
| APROXIMADO A 0 % | | | | | | | |
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 4.8 | 4.7 | 4.3 | 4.1 | 3.7 | 3.4 | 4.17 |
| Sensor Patrón | 5.4 | 5.3 | 5.0 | 4.6 | 4.3 | 4.1 | 4.78 |
| Error Absoluto +/- | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.61 |
| Error Relativo (%) | 11.2 | 11.0 | 13.8 | 12.3 | 13.2 | 16.2 | 12.95 |
| Desviación Estándar | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.43 |
| D. Estándar Media | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.31 |
| Incertidumbre Tipo A | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 0.81 |
| | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA | | | | | | 1.00 |
| | Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F | | | | | | 1.00 |
| | Incertidumbre Combinada | | | | | | ± 1.63 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\pm 2\%$ de equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA ($\pm 2\%$); tal como se muestra en la siguiente figura.

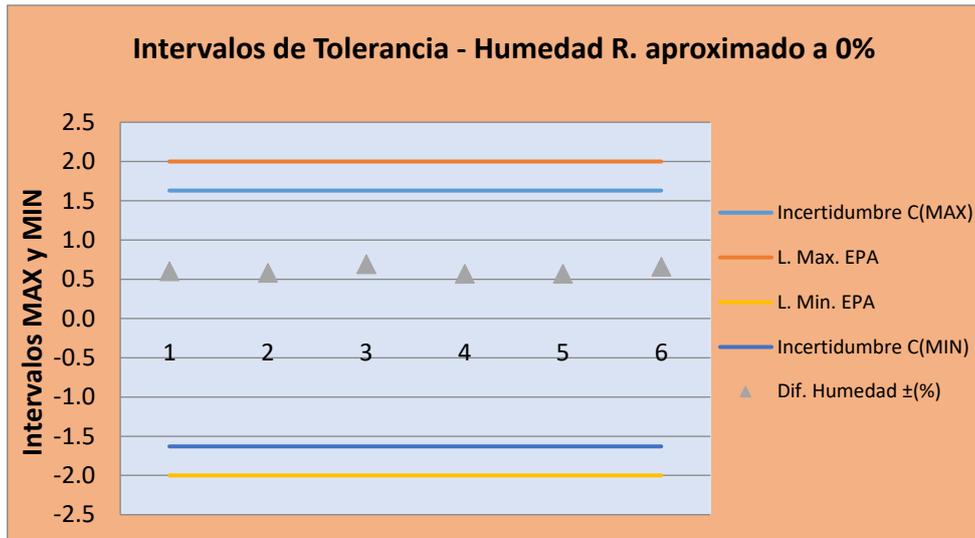


Figura 72. Intervalos de tolerancia – Humedad R. aproximado a 0 %.

A continuación, se muestra el comparativo de las 6 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA ($\pm 2\%$).

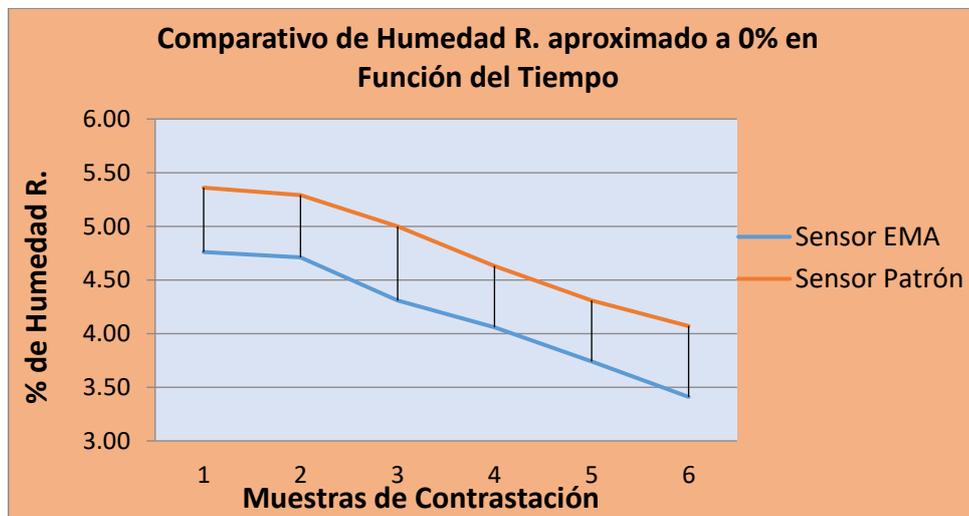


Figura 73. Humedad R. aproximado a 0 % en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9910$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

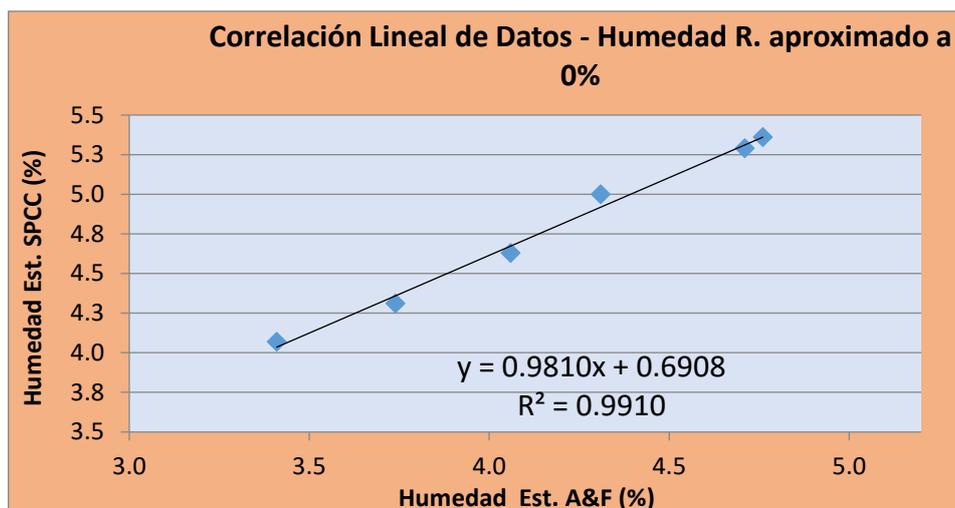


Figura 74. Correlación Lineal de Datos – Humedad R. aproximado a 0 %.

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte en las 3 condiciones de Humedad, se considera como resultado final al promedio de repeticiones de las 3 condiciones cuyo valor es de 0.11 °C, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.5 °C). De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 53.

Resultado final de contrastación de Sensor de Humedad (%)

| Resultados de contrastación – Sensor de Humedad (%) | | | |
|--|--------------------------------|--------------------------|--------------------|
| V. Sensor EMA | V. Sensor Contrastación | Exactitud [+/-] | Condición |
| 48.03 % | 47.30 % | 0.74 % | Humedad Amb. |
| 84.13 % | 84.90 % | 0.77 % | Aproximado a 1 % |
| 4.17 % | 4.78 % | 0.61 % | Aproximado a 100 % |
| *Exactitud según EPA | | Promedio | Resultado |
| ± 2 % | | 0.71 % | APROBADO |

* Exactitud referencia de Volume IV: Meteorological Measurements

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Adicionalmente, se realizó un comparativo de la Humedad Ambiente en función de 24 horas de medición, obteniendo como resultado que la diferencia promedio entre los valores del sensor de la EMA y sensor Patrón es de 0.56 %, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA según se muestra en la siguiente figura.

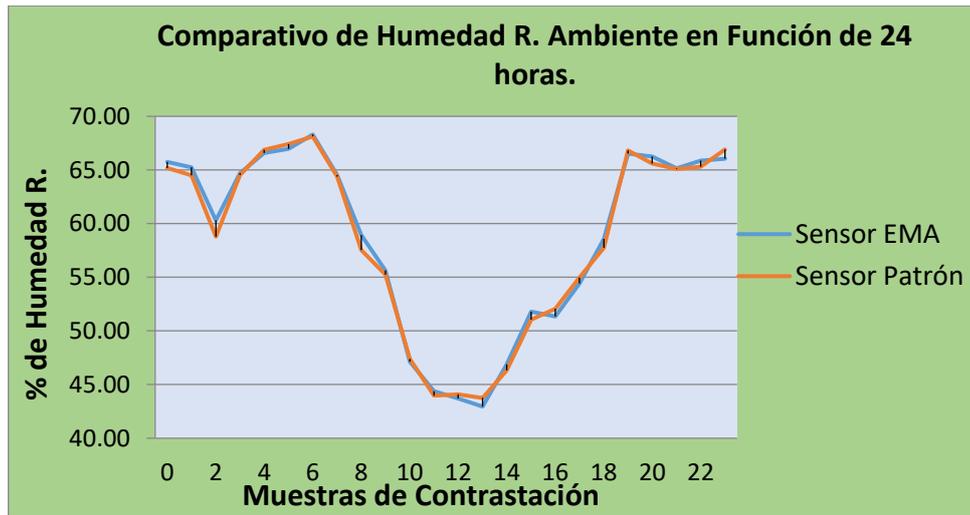


Figura 75. Comparativo de Humedad R. Ambiente en Función de 24 horas.

b) Contrastación de sensor de Presión Atmosférica:

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón, se realizan pruebas en condiciones ambientales y de acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 0.25 hPa. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.10 hPa no supera dicho resultado.

Tabla 54.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Presión atmosférica.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE PRESIÓN A. | | | | | | | |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| (hPa) | | | | | | | |
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 759.2 | 759.3 | 759.3 | 759.4 | 759.4 | 759.3 | 759.31 |
| Sensor Patrón | 759.1 | 759.2 | 759.2 | 759.3 | 759.3 | 759.2 | 759.22 |
| Error Absoluto +/- | 0.09 | 0.11 | 0.09 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Error Relativo (%) | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Desviación Estándar | 0.06 | 0.08 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| D. Estándar Media | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| Incertidumbre Tipo | | | | | | | |
| A | 0.12 | 0.15 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 0.13 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA 0.15 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F 0.15 |
| | | | | | | | Incertidumbre Combinada ±0.25 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para un punto de presión conocida sea de $\leq \pm 3$ hPa del equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA (± 3 hPa); tal como se muestra en la siguiente figura.

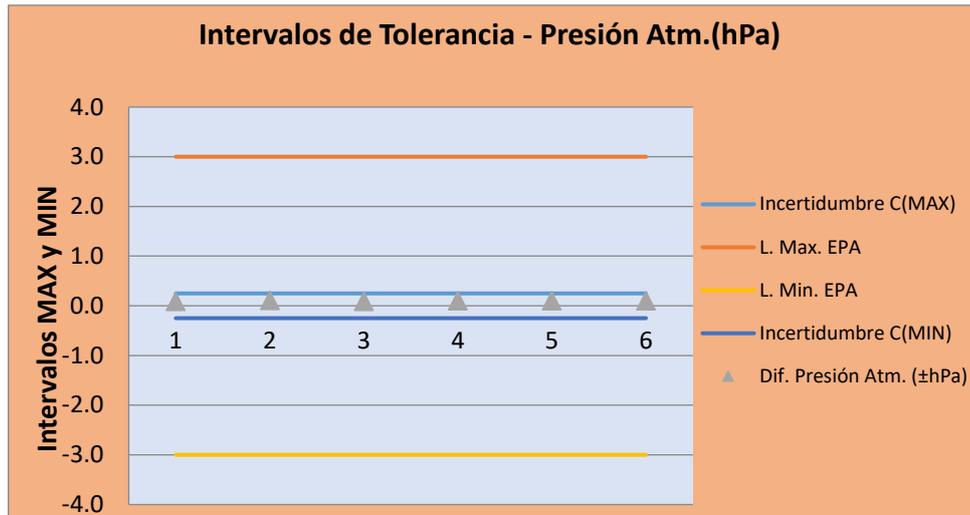


Figura 76. Intervalos de Tolerancia – Presión Atm. (hPa).

A continuación, se muestra el comparativo de las 6 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 3 hPa).

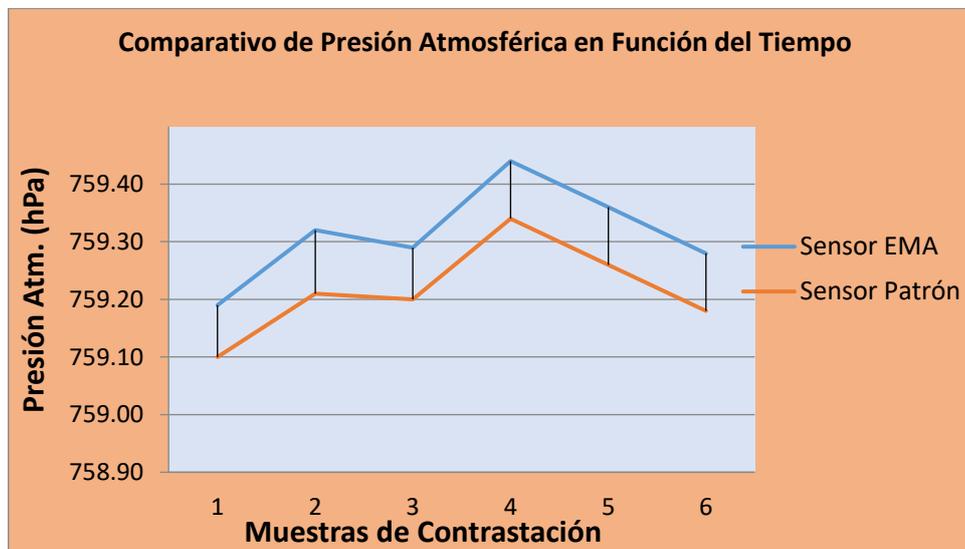


Figura 77. Comparativo de Presión Atmosférica en función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9933$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

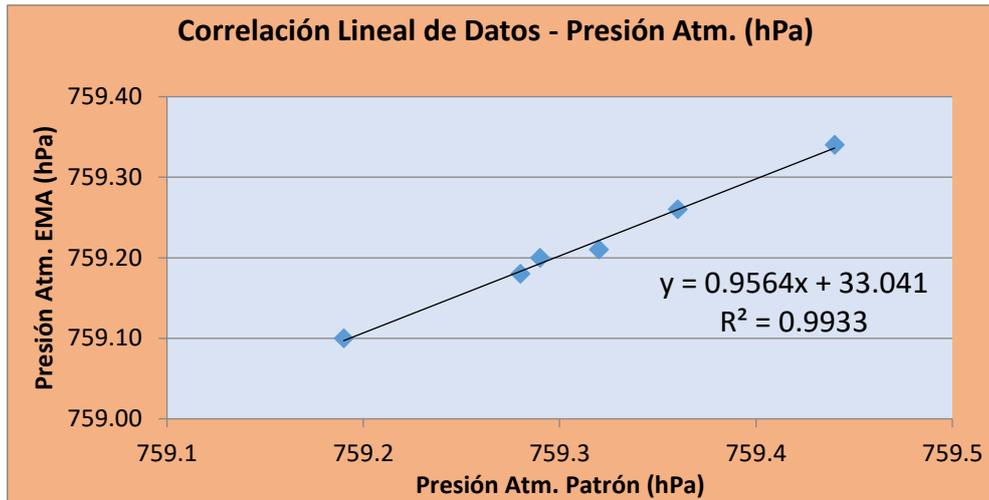


Figura 78. Correlación Lineal de Datos – Presión Atm. (hPa)

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte, se considera como resultado final al promedio de repeticiones cuyo valor es de 0.10 hPa, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.10 hPa). De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 55.

Resultado final de contrastación de Sensor de Presión atmosférica (hPa)

| Resultados de contrastación – Sensor de Presión Atm. (hPa) | | | |
|---|-------------------------|------------------|------------------|
| V. Sensor EMA | V. Sensor Patrón | Exactitud | Resultado |
| 759.31 hPa | 759.22 hPa | 0.10 hPa | APROBADO |

***Exactitud según EPA (± 3 hPa)**

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Adicionalmente se realizó un comparativo de la Presión Atmosférica en función de 24 horas de medición, obteniendo como resultado que la diferencia promedio entre los valores del sensor de la EMA y sensor Patrón es de 0.12 hPa, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA según se muestra en la siguiente figura.

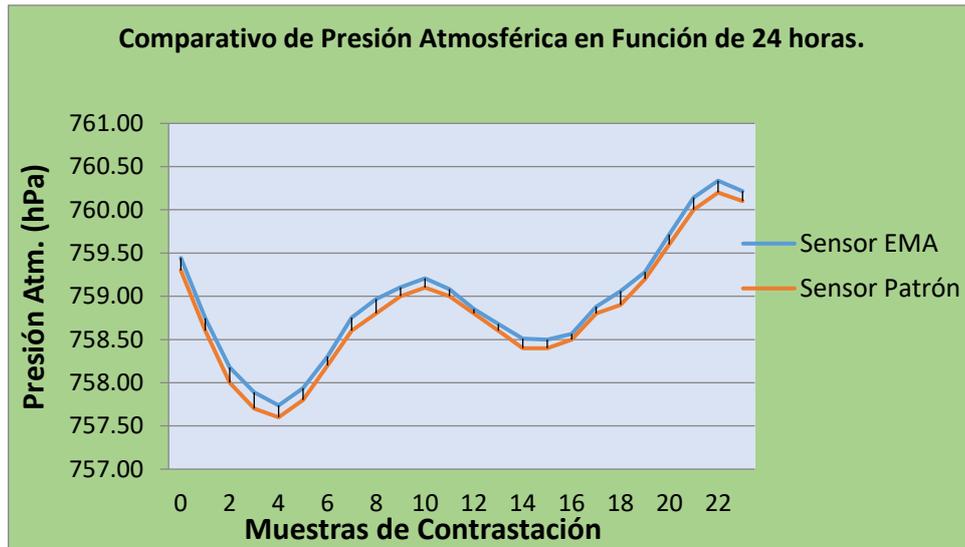


Figura 79. Comparativo de Presión Atmosférica en Función de 24 horas.

c) Contrastación de sensor de Viento:

Velocidad de viento:

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón, se realizan pruebas en condiciones ambientales y de acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 0.12 m/s. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.06 m/s no supera dicho resultado.

Tabla 56.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Velocidad de Viento.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE VELOCIDAD DE VIENTO (m/s) | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 3.3 | 3.9 | 4.8 | 5.9 | 7.4 | 6.5 | 5.29 |
| Sensor Patrón | 3.3 | 3.8 | 4.6 | 5.9 | 7.3 | 6.5 | 5.23 |
| Error Absoluto +/- | 0.0 | 0.1 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.06 |
| Error Relativo (%) | 0.3 | 1.3 | 3.0 | 0.5 | 1.4 | 0.2 | 1.11 |
| Desviación Estándar | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.04 |
| D. Estándar Media | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.03 |
| Incertidumbre Tipo A | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.08 |
| Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA | | | | | | | 0.06 |
| Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F | | | | | | | 0.07 |
| Incertidumbre Combinada | | | | | | | 0.12 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para un punto sea de ± 0.2 m/s del equipo patrón (NIST).

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA (± 0.2 m/s); tal como se muestra en la siguiente gráfica.

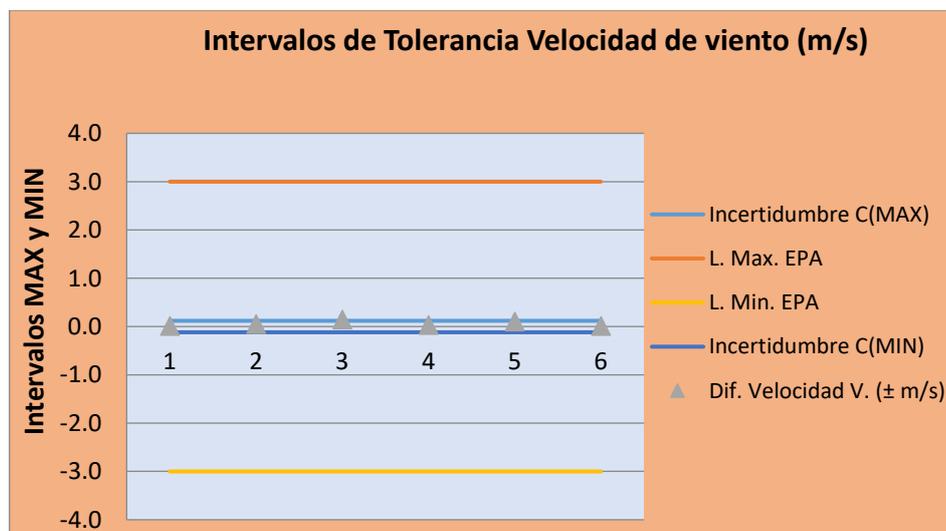


Figura 80. Intervalos de Tolerancia Velocidad de Viento (m/s).

A continuación, se muestra el comparativo de las 6 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.2 m/s).

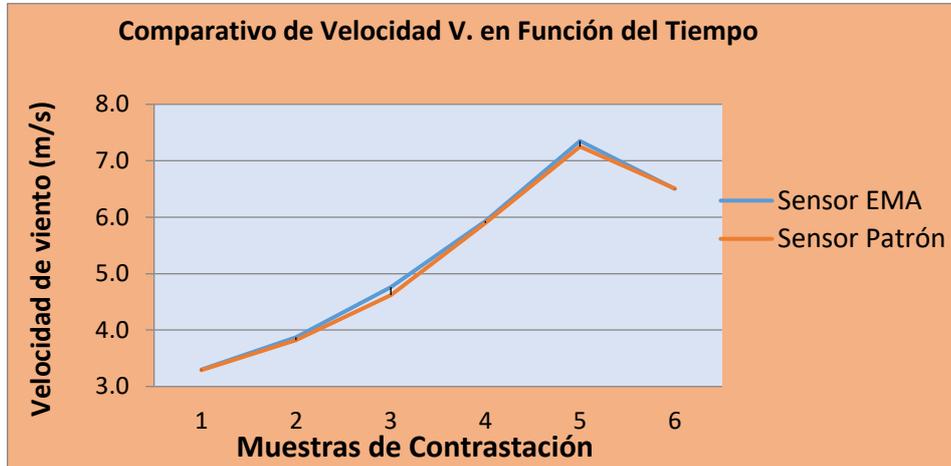


Figura 81. Comparativo de Velocidad de Viento en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9987$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

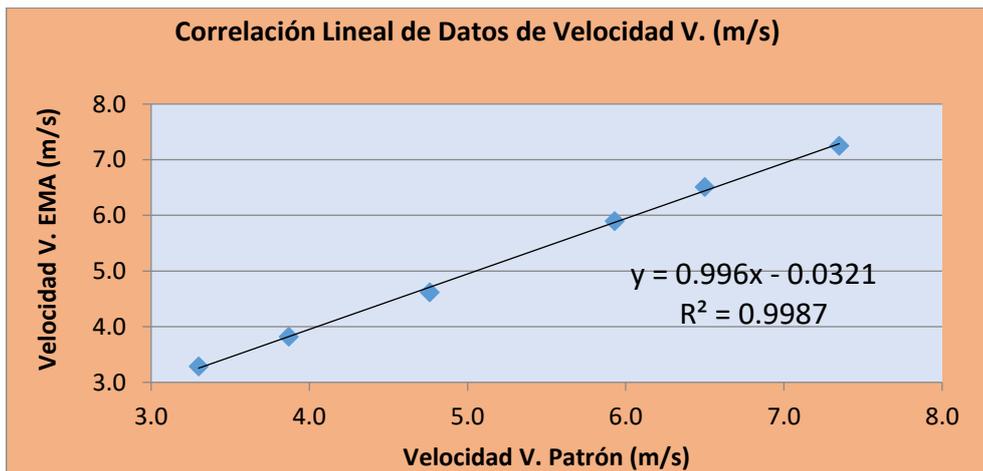


Figura 82. Correlación Lineal de Datos de Velocidad de Viento (m/s).

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte, se considera como resultado final al promedio de repeticiones cuyo valor es

de 0.05 m/s, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.2 m/s). De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 57.

Resultado final de contrastación de Sensor de Velocidad de viento (m/s)

| Resultados Contrastación – Sensor Velocidad de Viento (m/s) | | | |
|--|-------------------------|------------------------|------------------|
| V. Sensor EMA | V. Sensor Patrón | Exactitud [+/-] | Condición |
| 5.29 m/s | 5.23 m/s | 0.05 m/s | APROBADO |

***Exactitud según EPA (± 0.2 m/s)**

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Adicionalmente se realizó un comparativo de la Velocidad de viento en función de 24 horas de medición, obteniendo como resultado que la diferencia promedio entre los valores del sensor de la EMA y sensor Patrón es de 0.08 m/s, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA según se muestra en la siguiente gráfica.



Figura 83. Comparativo de Velocidad de Viento en función de 24 horas.

Dirección de viento:

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón, se realizan pruebas en condiciones ambientales y de acuerdo

con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado $\pm 4.06^\circ$. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 1.50° no supera dicho resultado.

Tabla 58.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Dirección de Viento.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE DIRECCIÓN DE VIENTO (°). | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO |
| Sensor EMA | 240.0 | 227.0 | 280.0 | 285.0 | 306.0 | 287.0 | 270.83 |
| Sensor Patrón | 239.0 | 225.0 | 279.0 | 283.0 | 304.0 | 286.0 | 269.33 |
| Error Absoluto +/- | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 1.50 |
| Error Relativo (%) | 0.4 | 0.9 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.3 | 0.56 |
| Desviación Estándar | 0.7 | 1.4 | 0.7 | 1.4 | 1.4 | 0.7 | 1.06 |
| D. Estándar Media | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.75 |
| Incertidumbre Tipo A | 1.3 | 2.7 | 1.3 | 2.7 | 2.7 | 1.3 | 1.99 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA |
| | | | | | | | 2.50 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F |
| | | | | | | | 2.50 |
| | | | | | | | Incertidumbre Combinada |
| | | | | | | | 4.06 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\leq \pm 5^\circ$ de equipo patrón (NIST).

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA ($\pm 5^\circ$); tal como se muestra en la siguiente gráfica.

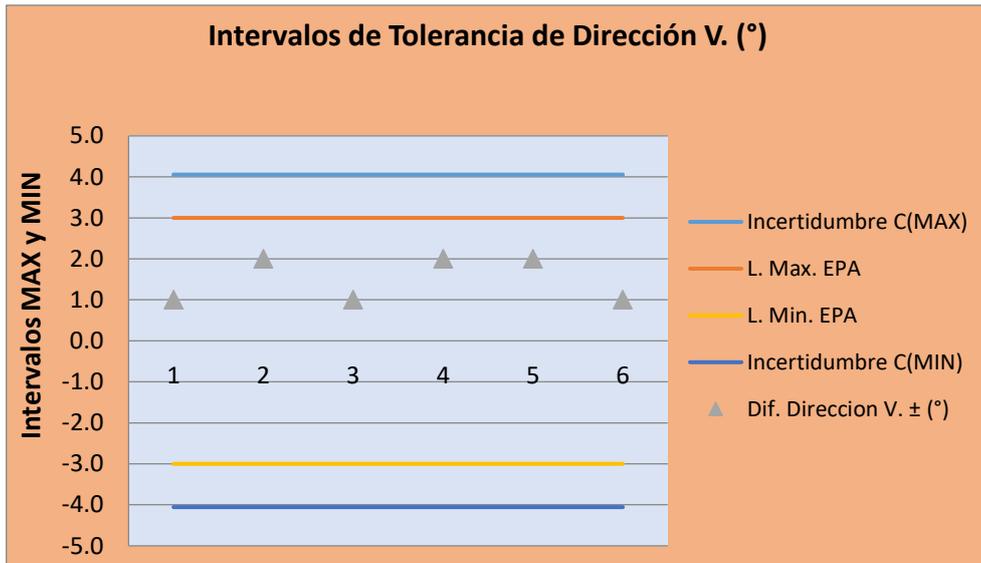


Figura 84. Intervalos de Tolerancia de Dirección de Viento (°).

A continuación, se muestra el comparativo de las 6 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.2 m/s).

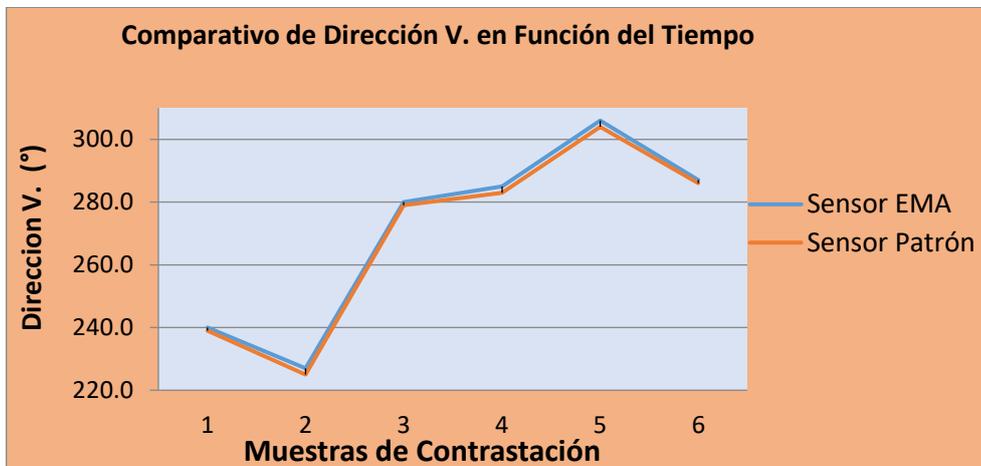


Figura 85. Comparativo de Dirección de Viento en Función del Tiempo.

Conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9997$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

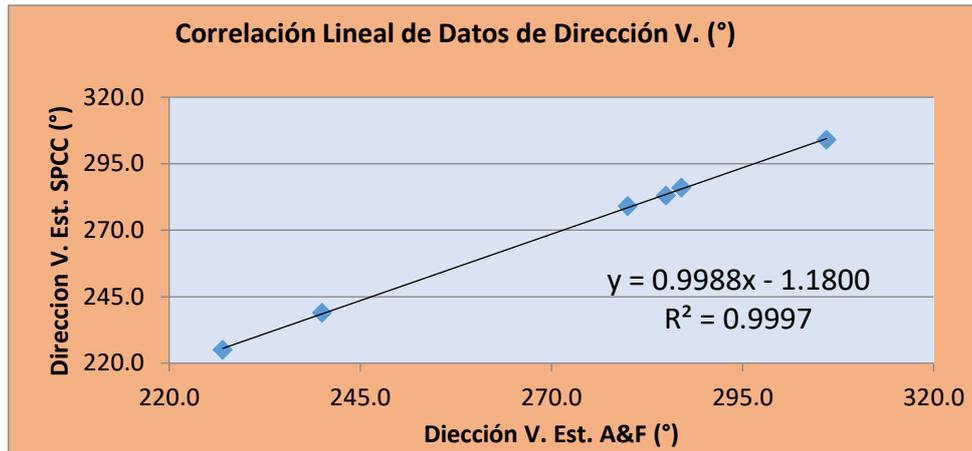


Figura 86. Correlación Lineal de Datos de Dirección de Viento (°).

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte, se considera como resultado final al promedio de repeticiones cuyo valor es de 1.50°, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA ($\pm 5^\circ$). De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 59.

Resultado final de contrastación de Sensor de Dirección de viento (°)

| Resultados Contrastación – Sensor Dirección de Viento (°) | | | |
|--|-------------------------|------------------------|------------------|
| V. Sensor EMA | V. Sensor Patrón | Exactitud [+/-] | Condición |
| 270.83° | 269.33° | 1.50° | APROBADO |

***Exactitud según EPA ($\pm 5^\circ$)**

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Adicionalmente se realizó un comparativo de la Dirección de viento en función de 24 horas de medición, obteniendo como resultado que la diferencia promedio entre los valores del sensor de la EMA y sensor Patrón es de 2.14°, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA según se muestra en la siguiente gráfica.



Figura 87. Comparativo de Dirección de Viento en función de 24 horas.

d) Contrastación de sensor de Radiación Solar (Global):

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón, se realizan pruebas en condiciones ambientales y de acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado $\pm 3.28 \text{ W/m}^2$. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.26 W/m^2 no supera dicho resultado.

Tabla 60.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de Radiación Solar.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE RADIACIÓN SOLAR (W/m2) | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--|-------------|
| MUESTRA | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | PROMEDIO | % |
| Sensor EMA | 1069.5 | 1103.4 | 1090.3 | 1081.4 | 1093.5 | 1092.4 | 1088.43 | --- |
| Sensor Patrón | 1065.5 | 1101.4 | 1086.0 | 1075.7 | 1093.1 | 1092.1 | 1085.62 | --- |
| Error Absoluto +/- | 4.0 | 2.0 | 4.4 | 5.7 | 0.4 | 0.4 | 2.81 | 0.26 |
| Error Relativo (%) | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.26 | --- |
| Desviación Estándar | 2.8 | 1.4 | 3.1 | 4.0 | 0.3 | 0.3 | 1.99 | --- |
| D. Estándar Media | 2.0 | 1.0 | 2.2 | 2.8 | 0.2 | 0.2 | 1.41 | --- |
| Incertidumbre Tipo A | 5.3 | 2.7 | 5.8 | 7.5 | 0.5 | 0.5 | 3.72 | 0.34 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor EMA | 2.31 |
| | | | | | | | Incertidumbre Tipo B - Sensor A&F | 2.31 |
| | | | | | | | Incertidumbre Combinada | 3.28 |

La EPA recomienda que el valor de diferencia para un punto de radiación conocida sea de $\pm 5 \%$ del equipo patrón (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA ($\pm 5\%$); tal como se muestra en la siguiente figura.

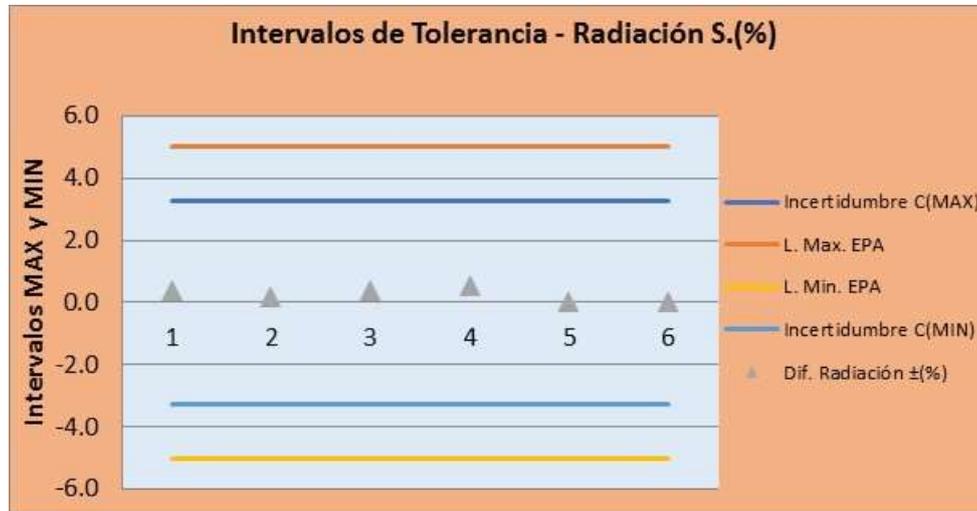


Figura 88. Intervalos de Tolerancia – Radiación Solar (%).

A continuación, se muestra el comparativo de las 06 mediciones tomadas en función al tiempo, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA ($\pm 5\%$).

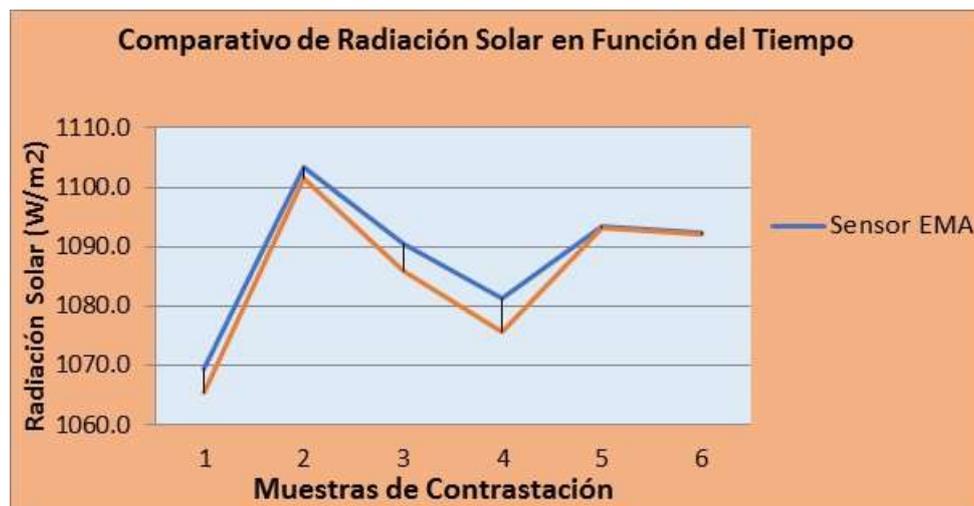


Figura 89. Comparativo de Radiación Solar en Función del Tiempo.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva

fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9805$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

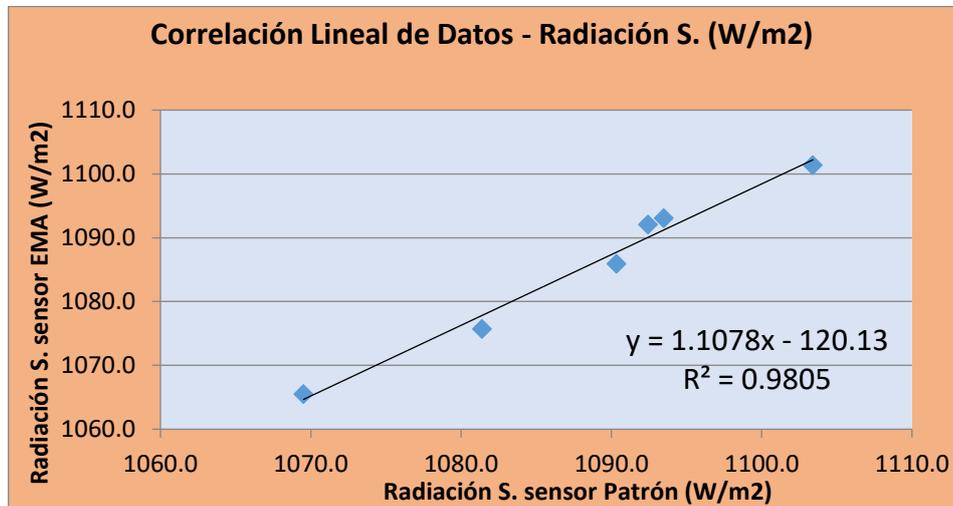


Figura 90. Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Radiación Solar (W/m²).

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte, se considera como resultado final al promedio de repeticiones cuyo valor es de 0.96 %, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 5 %). De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 61.

Resultado final de contrastación de Sensor de Radiación Solar (W/m²)

| Resultados Contrastación – Sensor de Radiación Solar (W/m² - %) | | | |
|---|-------------------------|--------------------------------|---------------------|
| V. Sensor EMA | V. Sensor Patrón | Exactitud [+/-] | Condición |
| 982.97 W/m ² | 992.52 W/m ² | 9.55 W/m ² / 0.96 % | Luz Solar Ambiental |
| *Exactitud según EPA | | Promedio | Resultado |
| ± 5 % | | 0.96 % | APROBADO |

* Exactitud referencia de Volume IV: Meteorological Measurements

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Adicionalmente se realizó un comparativo de la Radiación Solar en función de 24 horas de medición, obteniendo como resultado que la diferencia promedio entre los valores del sensor de la EMA y sensor Patrón es de 3.85 W/m² que representa el 1.76 %, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA según se muestra en la siguiente gráfica.

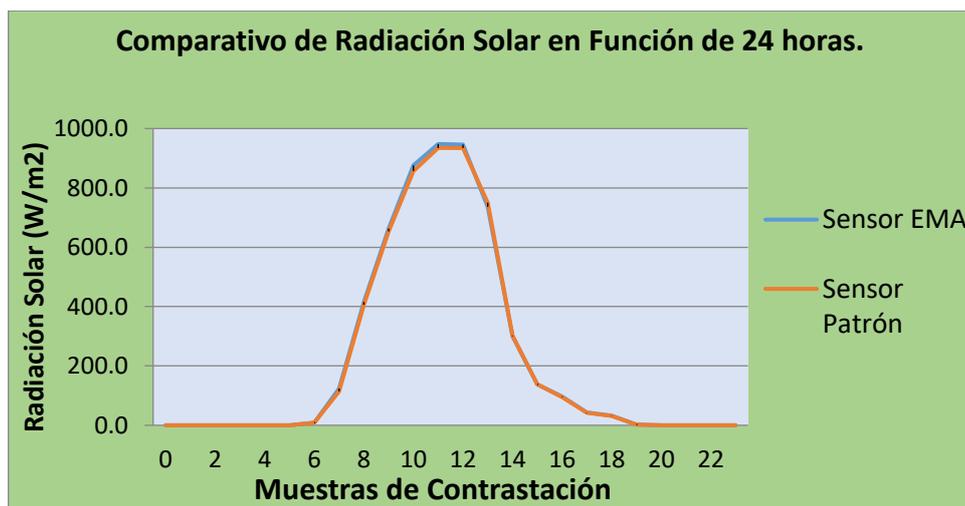


Figura 91. Comparativo de Radiación Solar en Función de 24 horas.

e) Contrastación de sensor Precipitación:

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón, se realizan pruebas haciendo uso de una y una probeta graduada de 500 ml y de un calibrador para el respectivo sensor, en el cual se vierten 3 diferentes volúmenes de agua para 6 muestras, que constan de la siguiente manera:

- 2 muestras con 119 ml.
- 2 muestras con 235 ml.
- 2 muestras con 473 ml.

De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 0.2 mm. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.1 mm. no supera dicho resultado.

Tabla 62.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de las mediciones con el sensor de precipitación.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE PRECIPITACIÓN (mm.) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------|---------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----|
| Muestras | Punto de Veri. (ml) | Valor Sensor EMA (taps) | Valor Sensor EMA(mm) | V.Calibrador YOUNG (mm) | V.Teórico Calibr. (Taps) | Error Absoluto +/- (mm.) | Error Relativo (%) | Desv. Estand | D. Est. Media | Incertidumbre Tipo A | Incertidumbre Tipo B | I.Combinada (mm.) | |
| 1 | 119 ml. | 14 | 3.556 | 3.556 | 14 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | mm. | mm. | |
| 2 | 119 ml. | 14 | 3.556 | 3.556 | 14 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | |
| 3 | 235 ml. | 28 | 7.112 | 7.112 | 28 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | |
| 4 | 235 ml. | 27 | 6.858 | 7.112 | 28 | 0.3 | 3.6 | 0.18 | 0.13 | 0.34 | 0.14 | 0.01 | 0.2 |
| 5 | 473 ml. | 58 | 14.732 | 14.478 | 57 | 0.3 | 1.8 | 0.18 | 0.13 | 0.34 | | | |
| 6 | 473 ml. | 57 | 14.478 | 14.478 | 57 | 0.0 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | |

La EPA recomienda que el valor para cada punto sea de $\leq \pm 10\%$ de entrada media de agua, o $\leq \pm 0.51$ mm. (0.02 plg) de Agua.

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la EPA (± 0.51 mm); tal como se muestra en la siguiente gráfica.

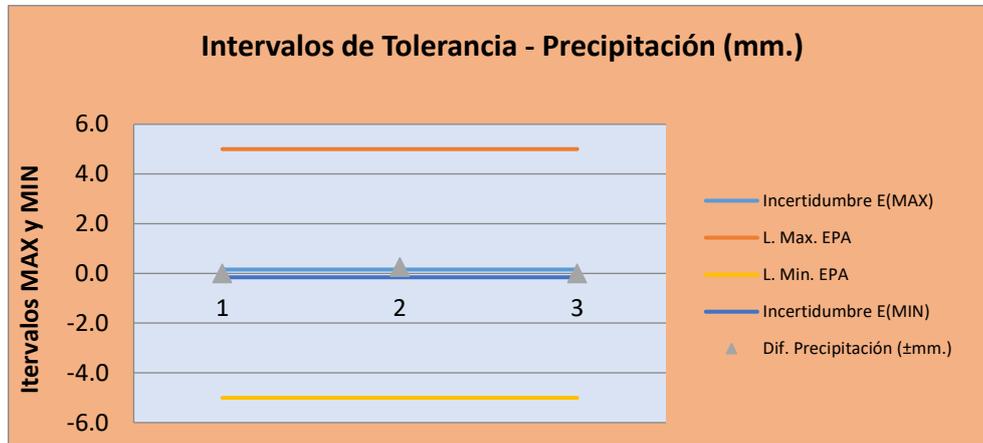


Figura 92. Intervalos de Tolerancia – Precipitación (mm.).

A continuación, se muestra el comparativo en función de 3 diferentes volúmenes de agua para 06 muestras, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 51 mm).

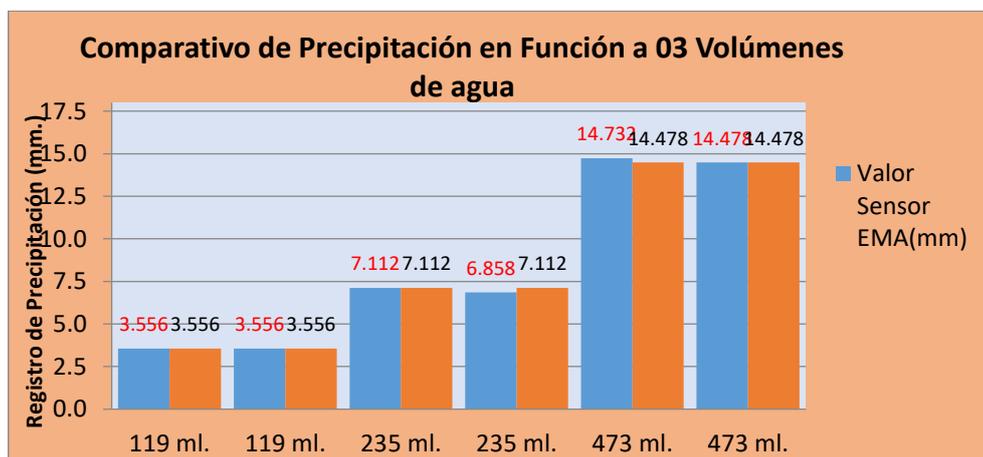


Figura 93. Comparativo de Precipitación en Función de 03 Volúmenes de agua.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva

fuerte, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=0.9992$ que tiene un fuerte aproximado a 1.

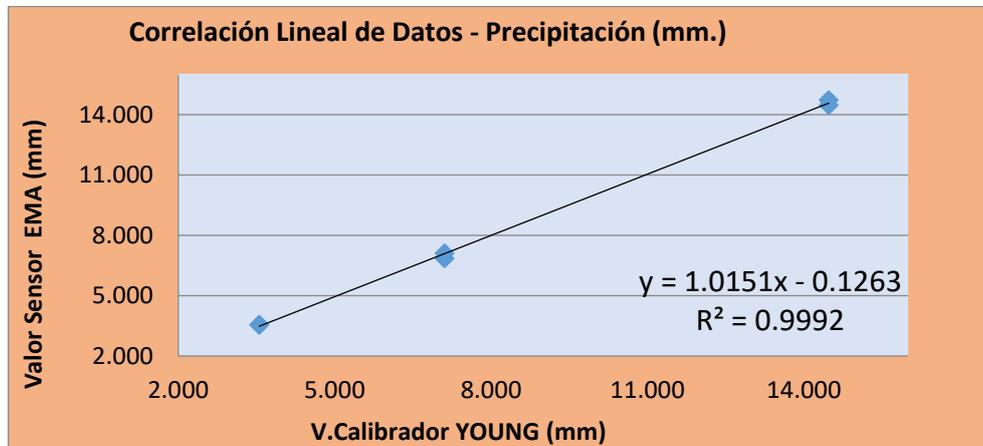


Figura 94. Correlación Lineal de Datos – Precipitación (mm.).

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte, se considera como resultado final al promedio de repeticiones cuyo valor es de 0.08 mm, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la EPA (± 0.51 mm). De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio y ajuste, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 63.

Resultado final de contrastación obtenida de las mediciones con el sensor de precipitación (mm)

| Resultados Contrastación de Pluviómetro (mm) | | | | |
|--|----------------------|--------------------|-----------------|------------------|
| V. Sensor EMA (mm.) | V. Sensor EMA (taps) | Patrón (Taps / mm) | Exactitud [+/-] | Condición |
| 3.56 mm | 14 | 14 (3.556) | 0.00 mm | 119 ml. |
| 6.99 mm | 27 | 28 (7.112) | 0.13 mm | 235 ml. |
| 14.61 mm | 55 | 57 (14.478) | 0.13 mm | 473 ml. |
| *Exactitud según EPA | | | Promedio | Resultado |
| ± 0.51 mm. | | | 0.08 mm | APROBADO |

* Exactitud referencia de Volume IV: Meteorological Measurements

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

f) Contrastación de sensor Evaporación:

Para poder verificar que la medición del sensor de la EMA tenga correlación con el sensor Patrón. Con el uso de un vernier, se realizan 3 mediciones diferentes de la altura que ocupa el agua en la tina de evaporación, para 06 muestras, que constan de la siguiente manera:

- 2 muestras al 25 % de capacidad de la tina de Evap.
- 2 muestras al 50 % de capacidad de la tina de Evap.
- 2 muestras al 100 % de capacidad de la tina de Evap.

De acuerdo con el resultado obtenido de la incertidumbre combinada que se muestra en la siguiente tabla, se tiene como resultado ± 0.12 mm. Además, se puede observar que el error absoluto cuyo promedio es 0.11 mm. no supera dicho resultado.

Tabla 64.

Cuadro estadístico comparativo de muestras obtenidas de las mediciones con el sensor de Evaporación.

| CUADRO ESTADÍSTICO DE MUESTRAS OBTENIDAS DE EVAPORACIÓN (mm) | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|--------------|---------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| Muestras | Punto de Veri. (%) | Valor Sensor EMA (mm) | V.Calibrador Mitutoyo (mm) | Error Absoluto +/- (mm.) | Error Relativo (%) | Desv. Estand | D. Est. Media | Incertidumbre Tipo A | Incertidumbre e Tipo B | I.Combinada (mm.) |
| 1 | 25 % | 52.2 | 52.2 | 0.04 | 0.08 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | mm. mm. | |
| 2 | 25 % | 52.3 | 52.1 | 0.17 | 0.33 | 0.12 | 0.06 | 0.16 | | |
| 3 | 50 % | 110.5 | 110.4 | 0.13 | 0.12 | 0.09 | 0.05 | 0.12 | | |
| 4 | 50 % | 110.5 | 110.4 | 0.12 | 0.11 | 0.08 | 0.04 | 0.11 | 0.111 0.02 | 0.12 |
| 5 | 100 % | 224.3 | 224.4 | 0.07 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | | |
| 6 | 100 % | 224.2 | 224.4 | 0.13 | 0.06 | 0.09 | 0.05 | 0.12 | | |

La OMM recomienda que el valor de diferencia para cada punto sea de $\leq \pm 2$ %. Del estándar (NIST)

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

Así mismo, la incertidumbre combinada y el promedio del error absoluto no superan los intervalos establecidos por la OMM (± 2 %) y SENAMHI (3 mm); tal como se muestra en la siguiente gráfica.

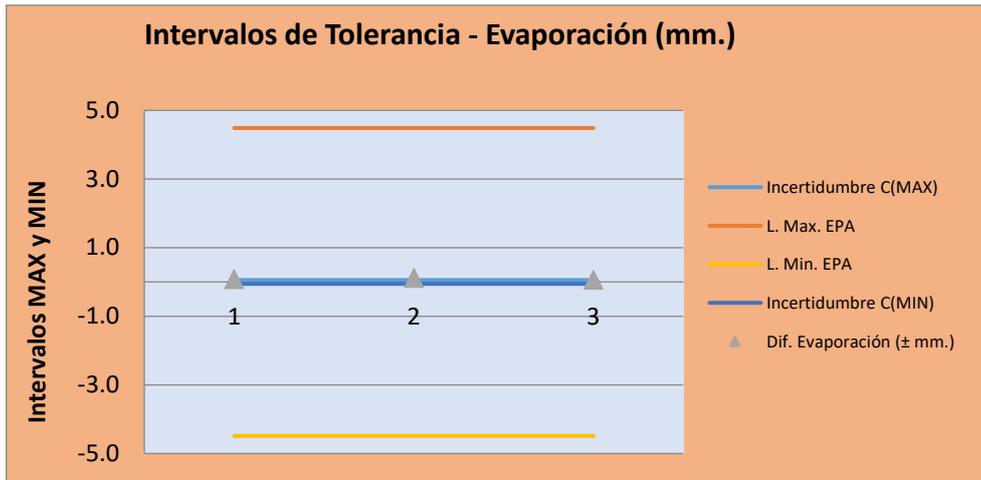


Figura 95. Gráfica de intervalo de tolerancia – Evaporación (mm).

A continuación, se muestra el comparativo de Evaporación en función de las 3 mediciones de la altura que ocupa el agua en la tina de evaporación, para 6 muestras, donde se puede apreciar que la diferencia máxima de la muestra tomada no supera el valor de diferencia recomendado por la OMM ($\pm 2\%$) y SENAMHI (3 mm).

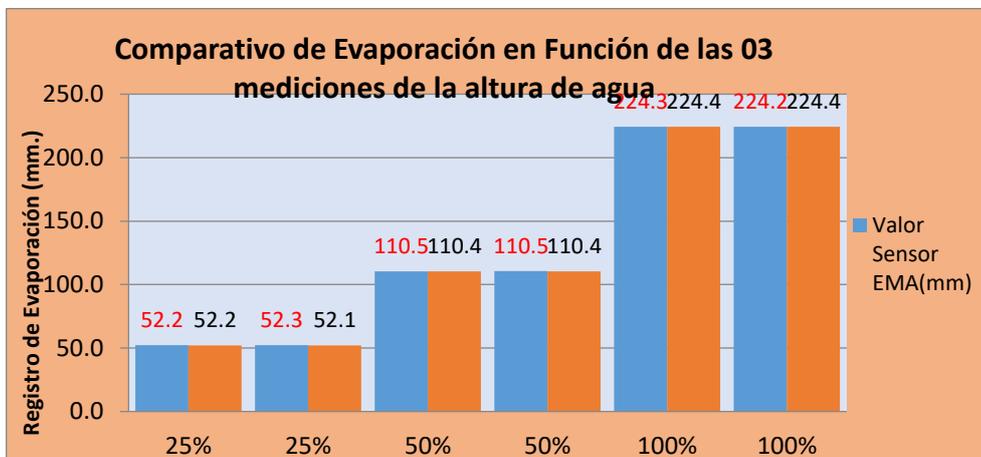


Figura 96. Gráfica de Comparativo de Evaporación en Función de las 03 mediciones de la altura de agua.

Así mismo conforme a los valores de las mediciones tomadas durante la contrastación, se puede apreciar que la gráfica de correlación lineal es positiva perfecta, debido a la línea de tendencia cuya pendiente es positiva y al valor de $R^2=1$.

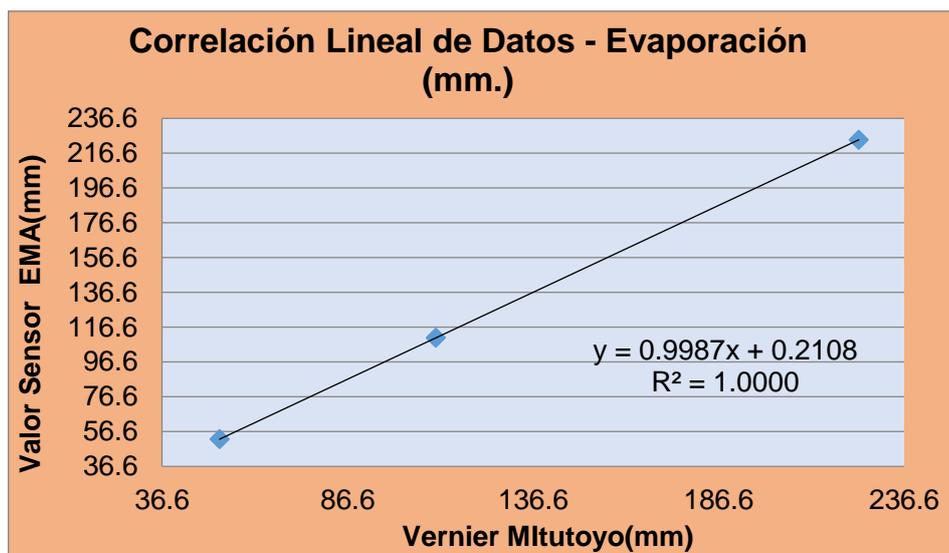


Figura 97. Gráfica de Correlación Lineal de Datos – Evaporación (mm).

Resultado final: Teniendo en cuenta que se obtuvo una correlación lineal fuerte, se considera como resultado final al promedio de repeticiones cuyo valor es de 0.2 % / 0.11 mm, el cual no supera el valor de diferencia recomendado por la OMM ($\pm 2\%$) y de SENAMHI (3 mm). De esta forma, demostramos que el sensor de la EMA funciona satisfactoriamente y no requiere cambio y ajuste, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 65.

Resultado final de contrastación de Sensor de Evaporación (mm)

| Resultados Contrastación de Evaporímetro (mm. / %) | | | |
|---|----------------|----------------------------|------------------|
| V. Sensor EMA | Patrón | Exactitud [+/-] | Condición |
| 52.23 mm | 52.13 mm | 0.11 mm. / 0.2 % | 25 % Capacidad |
| 110.50 mm | 110.38 mm | 0.13 mm. / 0.11 % | 50 % Capacidad |
| 224.25 mm | 224.35 mm | 0.1 mm. / 0.04 % | 100 % Capacidad |
| OMM | SENAMHI | Promedio | Resultado |
| 2 % | 3 mm | 0.11 mm. / 0.12 % | APROBADO |

*Se considera el promedio de las 6 repeticiones como resultado

Fuente: A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.

6.1.4 Resultados obtenidos de las ECAs con equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL

En los resultados se puede apreciar que los equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL funcionan correctamente, registrando valores correctos de parámetros ambientales, tales como temperatura ambiente y presión atmosférica. También se puede apreciar que los parámetros propios del equipo, como son temperatura de filtro muestreador y en el caso del equipo PARTISOL la presión del filtro muestreador, se registra de forma correcta con valores cercanos a las condiciones ambientales.

El resultado más importante es el flujo o caudal de succión, que se mantiene con un valor cercano a 16.67 lpm o 01 m³/hora, el flujo oscila con una diferencia máxima del 2 % durante las 24 horas en las que se programa el muestreo, tal como indica el protocolo nacional de monitoreo de calidad de aire.



Figura 98. Parámetros registrados de equipo BGI PQ200.



Figura 99. Parámetros registrados de equipo PARTISOL.

6.1.5 Resultados obtenidos de las ECAs con equipos monitores de partículas TEOM

El mantenimiento y verificación continua de los equipos monitores de partículas TEOM, permite que estos no presenten fallas en su funcionamiento, facilitando el registro fiable de concentración PM2.5 y PMcoarse.



Figura 100. Verificación de equipo TEOM.

Al realizar los monitoreos continuos al equipo, se asegura que la bomba de succión, sea suficiente para generar un valor cercano al vacío, ósea 0 atm, teniendo una tolerancia máxima de 0.45 atm. De esta forma, se asegura que el flujo de succión se mantenga constante y cercano a 16.67 lpm o 1m³/h, tal como indica el protocolo nacional de monitoreo de calidad de aire.

Durante el mantenimiento, verificación y monitoreo continuo del equipo, también se asegura que la saturación de los filtros no supere el 60 %, para garantizar el registro de datos fiables de concentración de la masa de PM_{2.5} y PM_{coarse}.

Principalmente, en todas las actividades referentes a los equipos TEOM, se verifica que los datos de masa PM_{2.5} sean inferiores a la masa de PM_{coarse}, debido a que la suma de ambos representa el PM₁₀ tal como se detalla en la siguiente figura.

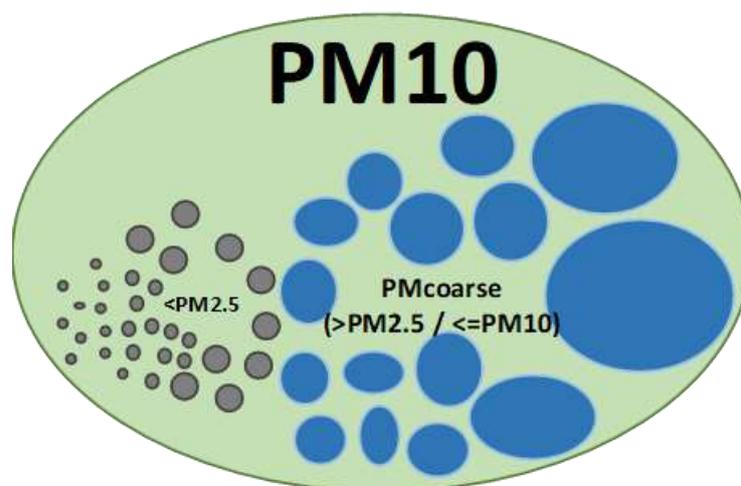


Figura 101. Representación gráfica de material particulado.

Conociendo el fundamento teórico, se puede asegurar que el equipo realizó el correcto registro de los datos de concentración de material particulado (PM).

La figura que se muestra a continuación, fue desarrollada a partir de datos obtenidos al realizar pruebas dentro de las instalaciones de la empresa A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C. utilizando un equipo TEOM de propiedad de SMCV.

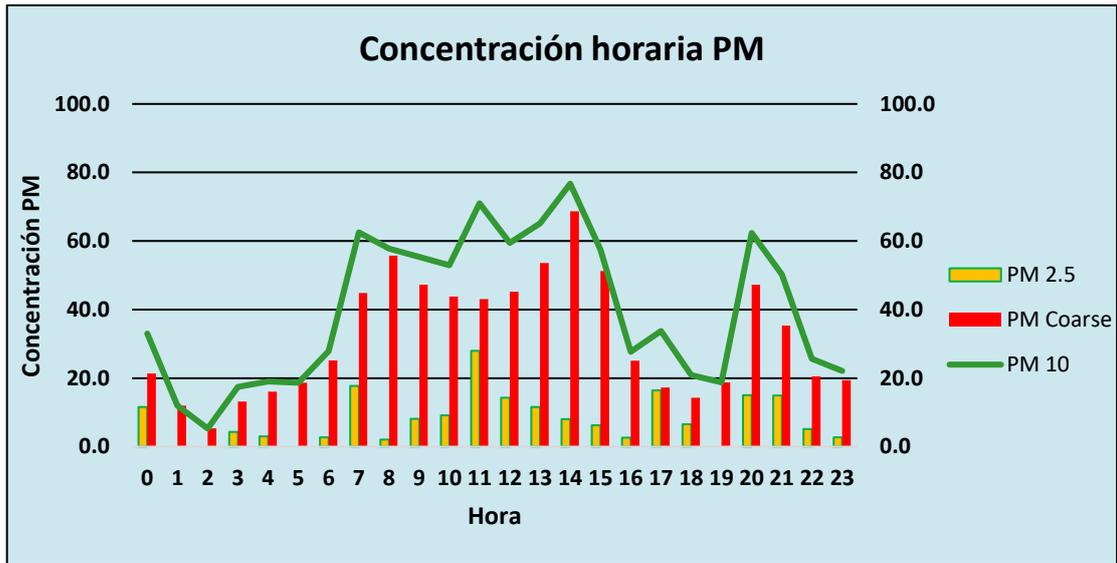


Figura 102. Concentración horaria de material particulado (PM).

6.1.6 Resultado de entrega de informes mensuales.

Al culminar con las actividades mensuales, se presentan los informes detallando la secuencia de las actividades realizadas en campo. Así mismo se detallan las actividades no rutinarias, relacionadas a las EMAs y ECAs. Todo el material se comparte de forma digital en archivo PDF, también se presenta el marco fotográfico dentro una carpeta.

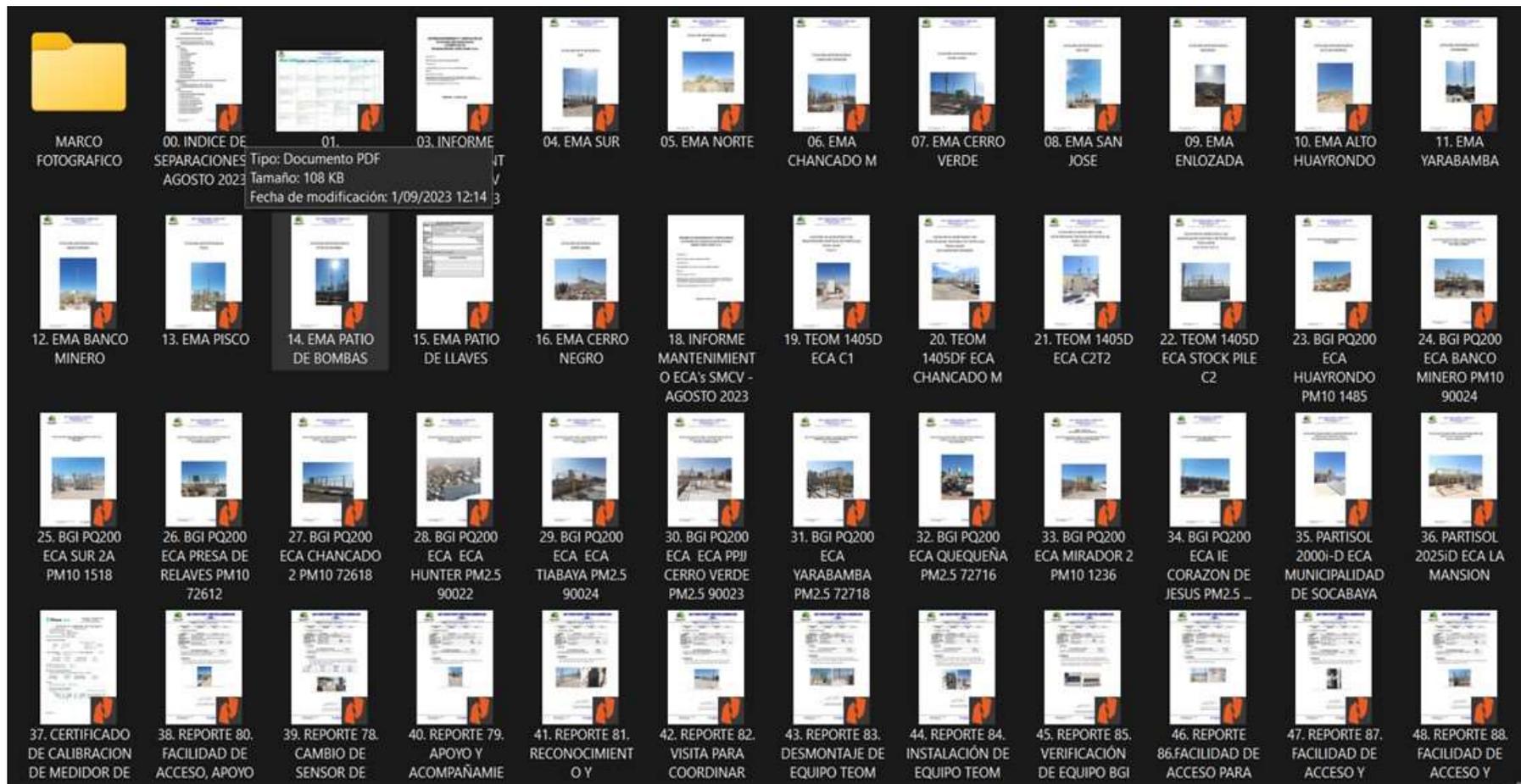


Figura 103. Entrega de informes en formato PDF y marco fotográfico.

6.1.7 Resultados obtenidos en seguridad y salud en el trabajo

En cuanto a los resultados de seguridad, se desarrolla el formato IPERC continuo antes de iniciar las actividades, de esta forma, se evitan accidentes laborales y reportes negativos de seguridad.

Figura 104. Formato desarrollado de IPERC continuo de las actividades realizadas en campo.

Así mismo se desarrolla la lista de verificación pre-operacional de operadores, vehículos y equipos móviles Pick Up 4X4, para garantizar la integridad física de los ocupantes y terceros, el resultado de esta actividad es reducir la probabilidad de sufrir accidentes de tránsito.

LISTA DE VERIFICACIÓN PRE-OPERACIONAL DE OPERADORES, VEHÍCULOS Y EQUIPOS MÓVILES

 **A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.**

FECHA: 20.11.2023 TURNO: MAÑANA TARDE NOCHE

Nombre del Conductor: Sr. Benjamin Pacheco Aroni Registro: 04031642

Kilometraje: 6711.3 (al inicio de cada día) VACIO 1/8 1/4 3/8 1/2 5/8 3/4 FULL

| | | | | |
|-----|---|-------------------------------------|--------------------------|--|
| 1.- | Ha descansado lo suficiente y me encuentro en condiciones apropiadas para operar el equipo. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2.- | Cuento con las herramientas vigentes para operar el equipo. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

ELEMENTOS CRÍTICOS QUE IMPIDEN EL FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL VEHÍCULO.

| N° | ELEMENTOS CRÍTICOS | SIEMPRE | SÍ | NO | OBSERVACIONES |
|------|--|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 1.- | Freno (motor encendido) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2.- | Dirección (motor encendido) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3.- | Estado de llantas (incluido llanta de repuesto) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4.- | VERIFICAR: Presión, cocada, flección de fuerzas (freno - fuerza) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5.- | Luces | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 6.- | Espejos retrovisivos | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 7.- | Bocina / Alarma de retroceso | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 8.- | Tecos y Conos de Seguridad | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 9.- | Cinturón de Seguridad | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 10.- | Elementos de Emergencia (botiquín, manguito y extintor) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 11.- | Circulna | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 12.- | Pantalla (*) | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| | Radio de Comunicación (*) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | |
| | (*) Usar obligatorio en Operaciones Minis | | | | |

ELEMENTOS NO CRÍTICOS, QUE NO IMPIDEN EL FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DEL VEHÍCULO.

| | | | | |
|-----|--|-------------------------------------|--------------------------|--|
| 1.- | Estado general de la carrocería / Orden y aseo | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2.- | Estado de llantas / Amplazaje | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3.- | Estado de kit de herramientas | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

INSPECCIÓN DE NIVELES DE FLUIDOS DEL VEHÍCULO.

| N° | ELEMENTOS CRÍTICOS | SIEMPRE | SÍ | NO | OBSERVACIONES |
|-----|--|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------|
| 1.- | Nivel de combustible > 1/4 de tanque | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 2.- | Aceite de motor | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 3.- | Líquido de freno | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 4.- | Líquido de dirección | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| 5.- | Agua de limpie parabrisas / Agua de radiador | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

ACTIONS CORRECTIVAS O MAÑAS

MANEJO DE GRUPO Y MANEJO DE GRUPO DE AGUARDIA, modo de manejar, cambio de botones, etc, PAVO.

Firma del Conductor Firma del Supervisor

Figura 105. Formato desarrollado de lista de verificación pre-operacional de operadores, vehículos y equipos móviles.

6.2 LOGROS ALCANZADOS

6.2.1 Liderazgo

Debido a la larga permanencia en la empresa A&F, logré acumular experiencia, que me permitió asumir el liderazgo en las actividades realizadas en campo para el cliente SMCV.

6.2.2 Adquisición de nuevos conocimientos referentes al manejo y operación de equipos

Gracias a la experiencia ganada en el trabajo que se realiza para el cliente SMCV, tengo la oportunidad de conocer equipos de calidad de aire que no los manipulo de forma rutinaria, como por ejemplo equipo monitor de partículas GRIMM EDM 180 y equipo muestreador de partículas MiniVol TAS 5.0.

6.3 DIFICULTADES ENCONTRADAS

Las dificultades se encuentran cuando hay nuevos retos para el desarrollo de nuevas actividades, y para poder superarlos, se plantean nuevas estrategias de trabajo que van de la mano con la seguridad y salud en el trabajo.

Otras dificultades encontradas son referentes a los equipos monitores de partículas TEOM, puesto que estos equipos presentan mayor complejidad que los equipos muestreadores de partículas BGI y PARTISOL, debido a las exigencias del cliente tienen mayor importancia.

Como factor externo, las dificultades encontradas se deben principalmente a las siguientes causas; cierre temporal de vías, debido a diversas actividades tanto dentro de mina como fuera de mina, que pueden deberse a trabajos de mantenimiento, actividades que impliquen ocupar de forma parcial o total una determinada vía.

6.4 PLANTEAMIENTO DE MEJORAS

6.4.1 Metodologías propuestas

Como planteamiento de mejoras, se recomienda continuar con la metodología aplicada actualmente, que es cualitativo inductivo.

Capacitación continua referente a los equipos ambientales.

Compartir experiencias de retos superados para reducir dificultades en trabajos futuros.

6.4.2 Descripción de la implementación

Para las actividades a realizar en campo, se propone mejorar la calidad de los trabajos, recibiendo capacitaciones anuales sobre mejoras tecnológicas de

equipos ambientales, que se pueden recibir de forma remota por parte de los fabricantes de dichos equipos.

También se propone compartir e intercambiar experiencias acerca de los retos superados en las actividades en campo, creando un registro continuo, donde se pueda detallar las soluciones, para poder lograr la mejora continua.

6.5 ANÁLISIS

Las actividades de mantenimiento y verificación periódica de EMAs y ECAs, permiten que todos los equipos funcionen de forma correcta, registrando datos totalmente fiables.

Las fallas se pueden presentar de forma inesperada, pero son fácilmente corregidas de forma oportuna debido a que se realiza un monitoreo continuo a través de los dispositivos de comunicación. Todas las acciones correctivas realizadas en las EMAs y ECAs, se reportan en el informe mensual, detallando la ubicación de los equipos y componentes, detallando también el procedimiento que se realizó durante la actividad.

Todas las actividades realizadas para el cliente SMCV, se realiza respetando las normas de seguridad, cuidando la integridad física y mental de todos los participantes, SMCV recomienda siempre recordar los cuatro principios de seguridad.

Tabla 66.

Principios de seguridad

| Principios de seguridad | |
|--------------------------------|--|
| Responsabilidad | Cada trabajador es responsable por la salud y seguridad de uno mismo, de sus compañeros de trabajo y sus familiares. |
| Reglas | Sigue las reglas. |
| Tiempo | Toma el tiempo y la distancia necesaria para hacer el trabajo correcto y seguro. |
| Detente | Si no huele bien, no se ve bien, no suena bien, no te sientes bien, entonces NO ESTÁ BIEN ¡Detente y comunica...! |

Fuente: Sociedad Minera Cerro Verde.

6.6 APORTE DEL BACHILLER EN LA EMPRESA I/O INSTITUCIÓN

- Implementación de formato de control de trabajos realizados en campo.
- Gestión para la implementación de equipos para facilitar las actividades en campo.
- Mejoras en los procedimientos y estrategias de trabajo en campo.
- Mejora en el control de inventario de equipos y componentes de EMAs y ECAs.
- Coordinación y comunicación continua, referente a las actividades para el cliente SMCV.

CONCLUSIONES

Las actividades realizadas y las responsabilidades asumidas por parte del bachiller en la empresa A&F son satisfactorias, que se ven reflejadas en los resultados que se obtienen en cada actividad que se realiza para el cliente SMCV del área de Medio Ambiente, asegurando así que todos los equipos funcionen correctamente.

Gracias al liderazgo en campo, se está logrando que todos los participantes de las actividades den mayor importancia al trabajo en equipo, lo cual resulta esencial para la calidad de los trabajos realizados.

Cada día se motivan las buenas prácticas de seguridad, antes durante y después de cada actividad realizada dentro del asentamiento minero de SMCV, que ha permitido evitar reportes negativos de seguridad.

Las coordinaciones en campo se realizan de forma satisfactoria, de ser necesario se adapta o reorganizan las actividades para que estas se puedan ejecutar en el plazo establecido.

los reportes de todos los eventos relacionados a las actividades se realizan de forma oportuna a toda la línea de mando, facilitando así la toma oportuna de decisiones.

Conforme a la experiencia adquirida por el bachiller, cada día se ha estado superando todos los retos y dificultades encontradas en desarrollo de las actividades, y gracias a los conocimientos adquiridos, se plantean mejoras para obtener buenos resultados.

de acuerdo a los conocimientos y a la experiencia adquirida, se están aportando nuevas ideas que permiten proponer mejoras de forma continua.

RECOMENDACIONES

Continuar con todas las medidas relacionadas a la seguridad y salud ocupacional como son: Charlas diarias, Llenado de los formatos IPERC continuos, entre otros.

Continuar con el monitoreo continuo de datos meteorológicos y de calidad de aire, también estar pendientes a las observaciones compartidas por el personal del área de Medio Ambiente de SMCV referente a dichos datos, acudiendo a las estaciones que reporten alertas de funcionamiento y de esta forma solucionarlos de forma oportuna.

Continuar con los planes para designar recursos y materiales necesarios para el buen funcionamiento de los equipos, para que estos no presenten fallas.

Mantener la comunicación fluida entre los compañeros de trabajo, así como también con el personal de SMCV y contratistas, con quienes se coordinan actividades que se realizan dentro del asentamiento minero de SMCV.

BIBLIOGRAFÍA

1. BIPM. Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM 100:2008. [en línea]. 2008. 134 p. Disponible en: https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf/cb0ef43f-baa5-11cf-3f85-4dcd86f77bd6
2. BlueSky Mast, Inc. User Manual AL1 & AL2 Standard Series Manual Push System. [en línea]. 2016. Disponible en: <https://blueskymast.com/wp-content/uploads/2020/11/User-Manual-Standard-Series-PRINT.pdf>
3. Campbell Scientific Inc. Product manual CR1000X Measurement and Control Datalogger [en línea]. 2017. 295 p. Disponible en: <https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cr1000x-product-manual.pdf>
4. Gill instruments. User manual WindSonic Ultrasonic Anemometer [en línea]. 2019. 32. 89 p. Disponible en: <https://gillinstruments.com/wp-content/uploads/2024/08/WindSonic-Manual-Issue-32.pdf>
5. Hidalgo, A. (2022). Capítulo 2 La incertidumbre en las medidas. [en línea]. En Hidalgo, A. (Ed), Diseño mecánico. (pp. 42-56). Universidad Carlos III de Madrid. Disponible en: https://ocw.uc3m.es/pluginfile.php/2559/mod_page/content/18/t6_introduccion_incertidumbre.pdf
6. Kipp & Zonen. Manual de usuario CMA serie Albedómetro, CMP serie Piranómetro [en línea]. 2010. 35 p. Disponible en: <https://www.kippzonen.com/Download/355/Manual-Pyranometers-CMP-series-Spanish?ShowInfo=true>
7. Mesa Labs Inc. User manual PQ200 Air Sampler User Manual U.S. EPA FRM Designated Sampler PM2.5 RFPS-0498-116 PM10 RFPS-1298-125. [en línea]. 2018. Disponible en: <https://2114285.fs1.hubspotusercontentna1.net/hubfs/2114285/inmind/public/MK101-05-B-PQ200-Manual.pdf>
8. Mesa Labs Inc. User manual tetraCal™ Flow Range: 0.1 – 30 LPM tetraCal™ Ultra Flow Range: 1 – 60 LPM [en línea]. 2008. Disponible en: <https://inteccon.com/wp-content/uploads/2023/04/TetraCal-Manual-EN.pdf>

9. Mitutoyo. Product details Vernier Caliper [en línea]. 2019. 530-114. Disponible en:
[https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/all/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/530-114/datasheet.xhtml](https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/all/$catalogue/mitutoyoData/PR/530-114/datasheet.xhtml)
10. MINAM. Ministerio del Ambiente. Protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire [en línea]. 2019. 102 p. Disponible en:
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/protocolo_monitoreo_aire.pdf
11. NovaLynx Corporation. User manual 255-100 Analog Output Evaporation Gauge [en línea]. 2018. 22 p. Disponible en: <https://novalynx.com/manuals/255-100-manual.pdf>
12. SENAMHI. (2013). Protocolo para la instalación y operación de estaciones meteorológicas, agrometeorológicas e hidrológicas [en línea]. 2013. Disponible en:
<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/sinia/archivos/public/docs/3764.pdf>
13. Texas Electronics Inc. User's Manual TR-525 Series Rainfall Sensors [en línea]. 2022. Disponible en: <https://texaselectronics.com/product/rain-gauge-tr-525-metric/>
14. Thermo Fisher Scientific Inc. Instruction manual Partisol 2025i Sequential Air Sampler/Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler [en línea]. 2015. Disponible en: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/EPM-manual-Partisol-2025i-2025iD.pdf>
15. Thermo Fisher Scientific Inc. Operator's Manual Dichotomous Ambient Particulate Monitor with FDMS Option [en línea]. 2009. Disponible: <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/LSG/manuals/EPM-manual-1405DF.pdf>
16. VAISALA. User Guide Vaisala HUMICAP® Humidity and Temperature Probe HMP155 [en línea]. 2022. Disponible en: <https://docs.vaisala.com/viewer/bookattachment/ex4TBoDGrruooP44TUZ4OQ/RWlgR9qe4KqxOHjM1WXbrA>

17. Vaisala. User's guide Vaisala BAROCAP Barometer PTB110 Series [en línea]. 2012. Disponible en: <https://docs.vaisala.com/v/u/M210839EN-A/en-US>
18. Young company. INSTRUCTION SHEET 52260-90 [en línea]. 2018. Disponible en: <https://www.youngusa.com/wp-content/uploads/2008/02/52260-9028E29.pdf>
19. World Meteorological Organization. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation [en línea]. 2018. 681 p. Disponible en: <https://www.weather.gov/media/epz/mesonet/CWOP-WMO8.pdf>

ANEXOS

ANEXO I

Mantenimiento y verificación de sensores meteorológicos (EMA)







Anexo II
Mantenimiento y verificación de equipo BGI PQ200







Anexo III

Mantenimiento y verificación de equipo PARTISOL 2025iD



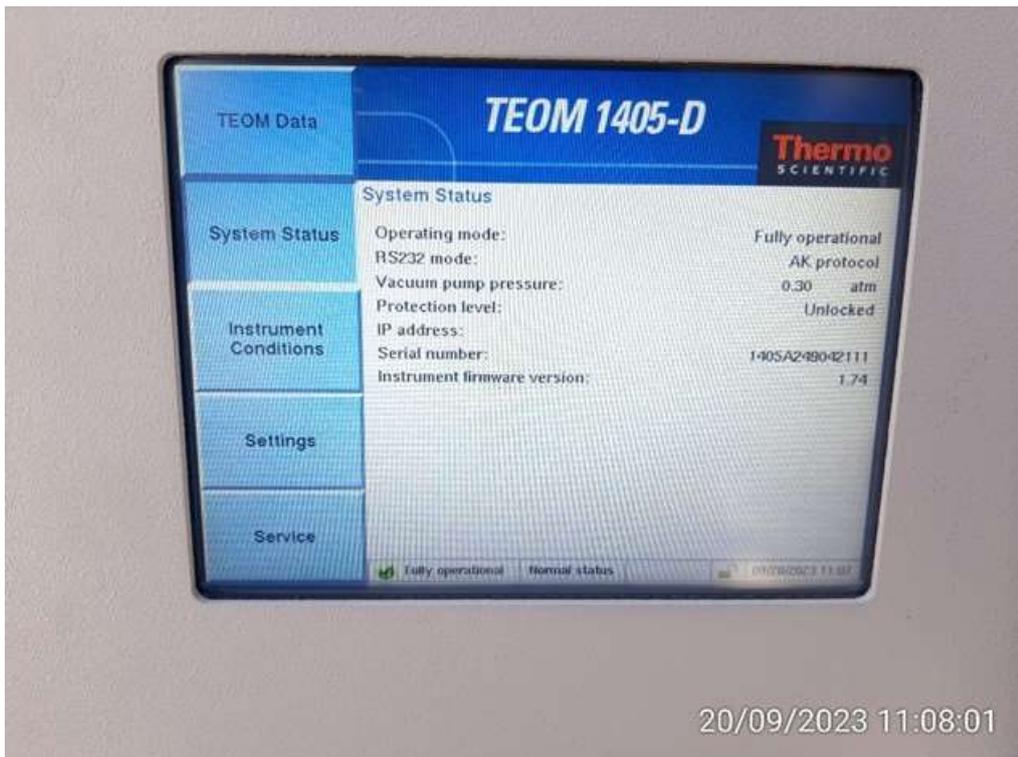
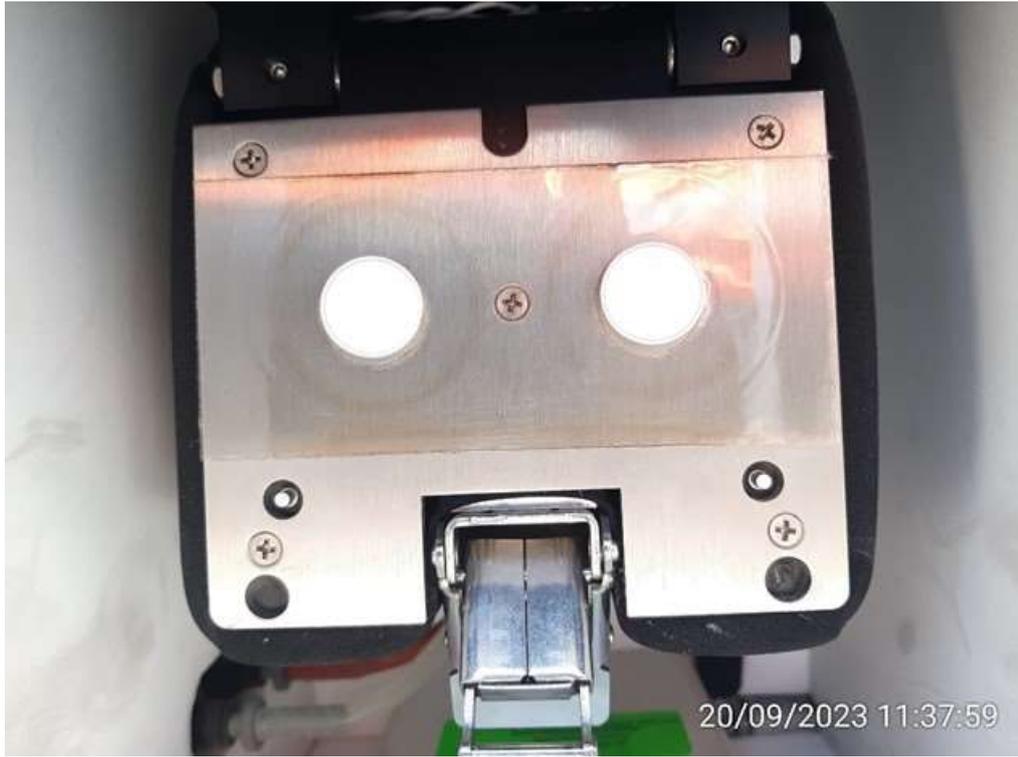


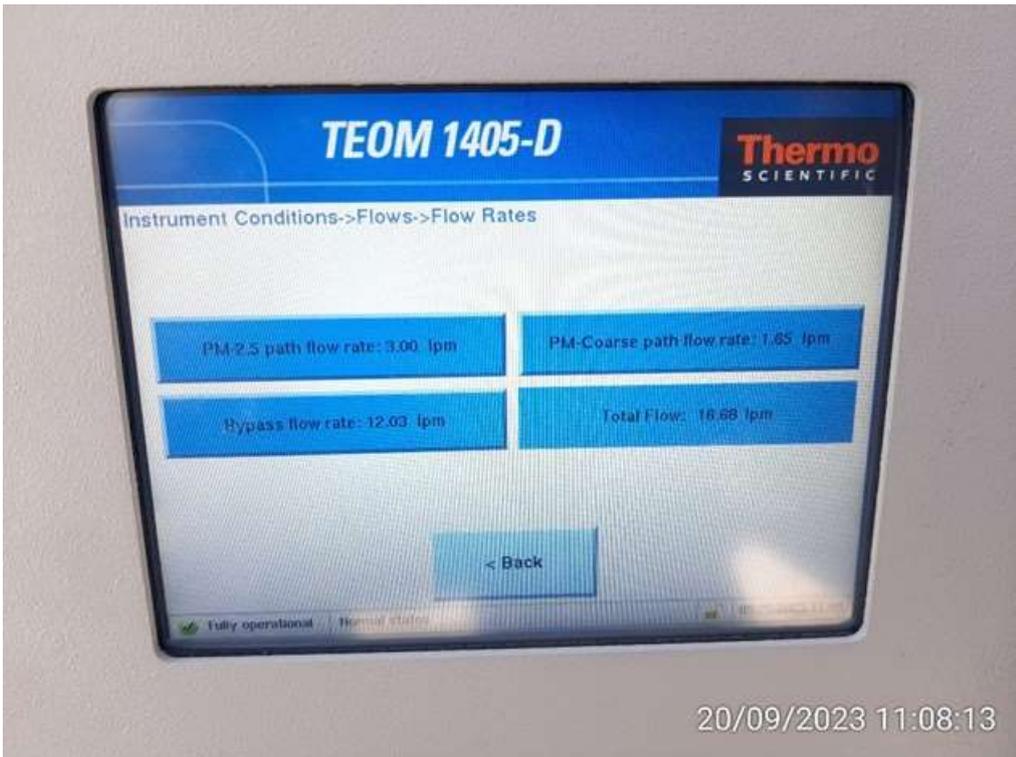


Anexo IV
Mantenimiento y verificación de equipo TEOM















Anexo V

Participación en simulacros de sismo.



Anexo VI

Participación en Capacitación, difusión y entrenamiento.

| | | | | |
|---|--|--|---|--|
|  | A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C. SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRADO REGISTRO CAPACITACIÓN, DIFUSIÓN Y ENTRENAMIENTO | | Código: A&F-SGI-RE-008 Revisión: 03 Fecha: 21/12/2020 | |
| | | | Pág. 1 de 1 | |
| DATOS DEL EVENTO | | | | |
| TEMA: <i>Políticas y Sistema de Gestión Integrado</i> | | | ORIGEN: <input checked="" type="checkbox"/> Interno <input type="checkbox"/> Externo | |
| LUGAR: <i>Oficinas de A&F</i> | | FECHA: <i>18/02/2021</i> | | |
| CAPACITADOR (ES): <i>Julio Aguino Aparicio</i> | | HI: <i>9:00</i> HF: <i>11:00</i> DURACIÓN: <i>3 horas</i> | | |
| AREA <input type="checkbox"/> Seguridad Industrial <input type="checkbox"/> Salud Ocupacional <input type="checkbox"/> Medio Ambiente <input type="checkbox"/> Control de Calidad <input checked="" type="checkbox"/> Otros <i>Sistema Integrado</i> | TIPO <input type="checkbox"/> Charla de 5 Minutos <input type="checkbox"/> Charla Semanal / Mensual <input checked="" type="checkbox"/> Difusión <input type="checkbox"/> Capacitación / Inducción <input type="checkbox"/> Retroalimentación | TIPO <input type="checkbox"/> Entrenamiento <input type="checkbox"/> Reunión de Seguridad / Comité <input type="checkbox"/> Políticas de la empresa <input type="checkbox"/> Simulacro <input type="checkbox"/> Otros | | |
| N° | NOMBRE DEL TRABAJADOR | D.N.I. | AREA | FIRMA |
| 1 | <i>Maria Elena Valdivia Huamani</i> | <i>95634595</i> | <i>Administración</i> | <i>[Firma]</i> |
| 2 | <i>R. Benjamín Pacheco Araní</i> | <i>72553460</i> | <i>Servicios</i> | <i>[Firma]</i> |
| 3 | <i>Gladya Elizabeth Hoyos Mamani</i> | <i>44523386</i> | <i>RR. HH.</i> | <i>[Firma]</i> |
| 4 | <i>Ilusion Sachí Cresco Helguino</i> | <i>74227049</i> | <i>Servicios</i> | <i>[Firma]</i> |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |
| 7 | | | | |
| 8 | | | | |
| 9 | | | | |
| 10 | | | | |
| COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS | | | | |
| COMENTARIOS DEL PARTICIPANTE | | COMENTARIOS DEL EXPOSITOR: | |  Firma |
| NOMBRE | | | | |

Anexo VII

Misión, Visión y Políticas de sistema de gestión integrado.



**CONSULTORES Y SERVICIOS
AMBIENTALES S.A.C.**

A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.

A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C. es una empresa, dedicada a prestar Servicios de Instalación y Mantenimiento de Equipos Ambientales y otros, en diferentes sectores productivos en general.

NUESTROS VALORES

Nuestros Valores nos distinguen y orientan:

- ✓ Responsabilidad
- ✓ Respeto
- ✓ Integridad
- ✓ Trabajo en equipo
- ✓ Confianza y compromiso
- ✓ Mejora continua

NUESTRA MISIÓN

Brindar servicios de consultoría, basados en estándares de calidad, experiencia y profesionalismo, con el propósito de ayudar a nuestros clientes a concretar sus proyectos con responsabilidad social, ambiental y seguridad.

NUESTRA VISIÓN

Ser la empresa de consultoría, servicios ambientales y de instrumentación más competitiva y confiable del país; brindando soluciones y servicios con un nivel de calidad reconocida a nivel nacional, basados en nuestra experiencia técnica y compromiso socio-ambiental.

ALAN M. VILLARREAL PAREDES
Gerente General

Revisión: 05

Emisión: 06/01/2023



**CONSULTORES Y SERVICIOS
AMBIENTALES S.A.C.**

Política del Sistema de Gestión Integrado

A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C. es una empresa líder dedicada a prestar Servicios de Instalación y Mantenimiento de Equipos Ambientales y otros, en diferentes sectores productivos en general, se compromete en la participación plena de todos sus integrantes en la mejora continua de sus actividades, a través de su Sistema de Gestión Integrado.

A&F S.A.C. considera que debe ser una organización de referencia en los servicios que presta y por ello comprende aplicar un buen gobierno corporativo, una buena Gestión de Calidad, un compromiso en el cuidado del Medio Ambiente y el cumplimiento con la Seguridad y Salud en el trabajo, permitiéndonos:

- ✓ Ofrecer servicios de instalación y mantenimiento de equipos ambientales y otros, de manera sostenible. Identificando todos los aspectos ambientales que involucra el desarrollo de nuestras actividades, con el fin de implementar planes de control, minimizar el impacto en nuestro medio y favorecer la preservación del ambiente.
- ✓ Asegurar un alto grado de satisfacción de las necesidades y expectativas de nuestros clientes, mejorando continuamente en el desempeño de nuestros servicios, elevando nuestros estándares de eficacia y eficiencia y; promoviendo relaciones de beneficio mutuo para los clientes, proveedores y otras partes interesadas.
- ✓ Tomar todas las acciones necesarias para la prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales de todos nuestros colaboradores y personal externo que se encuentre en nuestras instalaciones, a través de la identificación de peligros, control y mitigación de riesgos que comprende cada actividad de nuestra labor.
- ✓ Promover la mejora continua del Sistema de Gestión Integrado, cumpliendo los objetivos y metas establecidas, fomentando un compromiso empresarial en todo el personal.
- ✓ Asegurar el compromiso de cumplir con la normatividad vigente aplicable y otros compromisos voluntariamente aceptados.


Alan M. Villarroel Paredes
Gerente General

Revisión: 04

Emisión 21/01/2022

Anexo VII

BROCHURE – “A&F Consultores y Servicios Ambientales S.A.C.



¿QUIENES SOMOS?



Somos una empresa Arequipeña que realiza consultoría, auditoría, elaboración de proyectos y servicios ambientales realizando estudios de impacto ambiental, declaración de impacto ambiental, Programas de adecuación y manejo ambiental, estudios de monitoreo ambiental (aire, agua suelos, ruido, tratamiento de residuos sólidos), estudios de monitoreo ocupacional, y otros afines o inherentes a la protección ambiental; Monitoreo de calidad de aire, monitoreo de salud ocupacional (ruido, polvo, gases, otros) monitoreo de emisiones gaseosas, monitoreo de chimeneas de combustión, monitoreo de calidad de agua, parámetros de campo PH, STD, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, etc. Monitoreo de ruido, tratamiento y disposición de residuos sólidos, monitoreo de meteorología, hidrometeorología, agro meteorología, hidrología.

Proyectos ambientales de implementación (aire, agua suelos, ruido, tratamiento de residuos sólidos), proyectos de meteorología, hidrometeorología, hidrología, agro meteorología; auditoría de sistemas de monitoreo ambiental (aire, agua, suelos, ruido, tratamiento de residuos sólidos), auditoría de sistemas meteorológicos, hidrometeorológicos, agro meteorológicos; Procesamiento y control de calidad de información ambiental (aire, agua suelos, ruido, tratamiento de residuos sólidos) Procesamiento y control de calidad de información de sistemas meteorológicos, hidrometeorológicos, hidrológicos, agro meteorológicos y otros afines.

Modelamiento y pronóstico de información ambiental (aire, agua suelos, ruido, tratamiento de residuos sólidos), Modelamiento y pronóstico de información de sistemas meteorológicos, hidrometeorológicos, agro meteorológicos. Estudios de Altura de Capa de Mezcla entre otros.

Servicios de mantenimiento, reparación, calibración e instalación de equipos ambientales de monitoreo de material particulado, analizadores de gases, estaciones meteorológicas, estaciones agro meteorológicas, estaciones Hidrometeorológicas, estaciones hidrológicas, equipos de calidad de agua, sensores de nivel, sensores de caudal y otros afines o inherentes a la protección ambiental.

Obras civiles y eléctricas relacionadas al equipamiento ambiental, cercos perimétricos de estaciones de monitoreo ambiental, meteorológico y otros, lozas de cemento, casetas y estructuras para la instalación de equipos ambientales, etc.



NUESTRA VISION

SER LA EMPRESA DE CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES MAS COMPETITIVA Y CONFIABLE DE NUESTRO PAIS, BRINDANDO SOLUCIONES Y PRODUCTOS DE CALIDAD, BASADOS EN NUESTRA EXPERIENCIA TECNICA Y COMPORTAMIENTO ETICO.



NUESTRA MISION

BRINDAR A NUESTROS CLIENTES NUESTRA EXPERIENCIA Y PROFESIONALISMO PARA CREAR VALOR SUSTENTABLE, PROMOVRIENDO UNA DIFERENCIACIÓN COMPETITIVA A TRAVÉS DE UNA BUENA RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE.

CREAR UNA RELACIÓN CON NUESTROS CLIENTES, PROPORCIONANDO ASISTENCIA SISTEMÁTICA ATENDIENDO A SUS NECESIDADES, ENTREGANDO SOPORTE DE CALIDAD PARA AYUDAR A CONCRETAR SUS PROYECTOS.



NUESTROS VALORES

NUESTROS VALORES NOS DISTIGUEN Y NOS ORIENTAN:

RESPONSABILIDAD Y RESPETO

INTEGRIDAD

TRABAJO EN EQUIPO

CONFIANZA

MEJORA CONTINUA



NUESTRO OBJETIVO PRINCIPAL ES LA PLENA SATISFACCIÓN DE NUESTROS CLIENTES EN LOS TRABAJOS REALIZADOS, HEMOS ASIMILADO CONCEPTOS MODERNOS EN SERVICIO Y ATENCION A LOS CLIENTES.

CONVIRTIÉNDONOS EN SOCIOS ESTRATÉGICOS PARA EL ALCANCE DE SUS METAS.



A&F CONSULTORES Y SERVICIOS AMBIENTALES SAC
RUC: 20456234918

Urb .Cooperativa Víctor Andrés Belaunde B-1-B YANAHUARA

Tfno. (054)669362 CLARO (RPC) 992796977

e- mail: af.consultoresysambientales@gmail