

Apéndice A. Gráficas de los datos recopilados en las mediciones dentro del taller de mantenimiento

A continuación, se muestran las gráficas de los datos recopilados en la medición dentro del recinto correspondientes a las variables de: temperatura, humedad relativa, concentración de CO y CO2, velocidad del aire y material particulado PM2.5 y PM10.

A.1. Temperatura y humedad relativa

Figura A1

Temperatura y humedad relativa para el 8 de septiembre de 2021

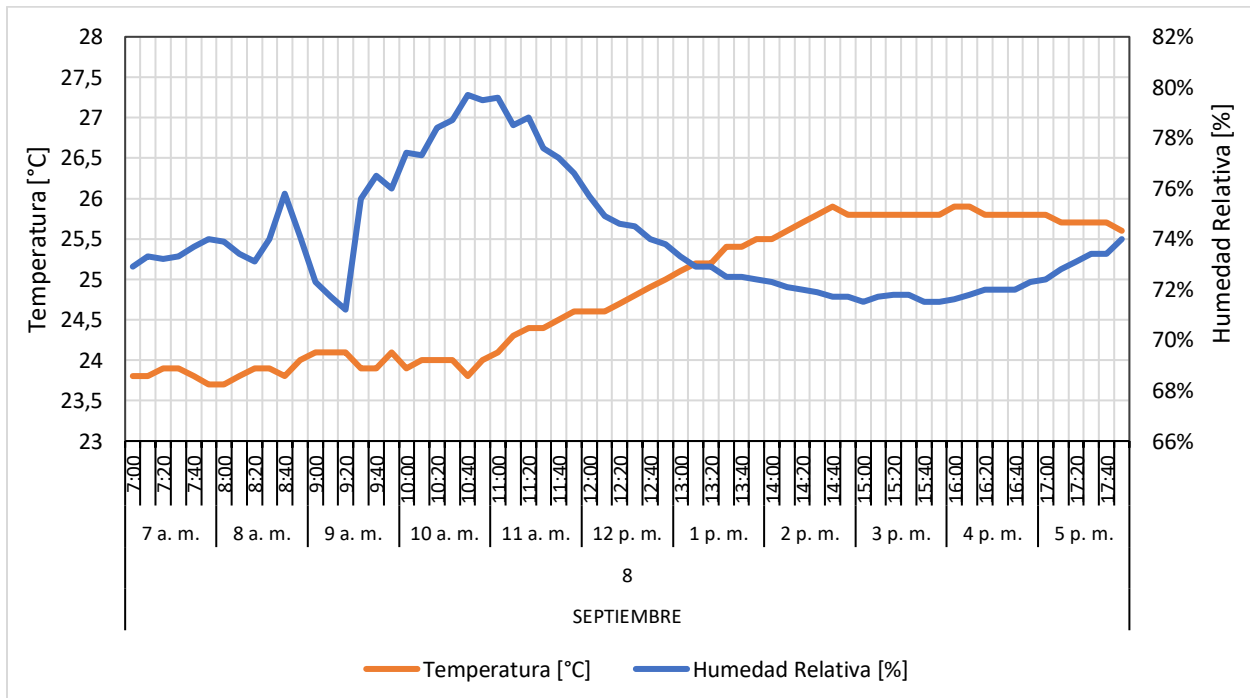


Figura A2

Temperatura y humedad relativa el 9 de septiembre de 2021

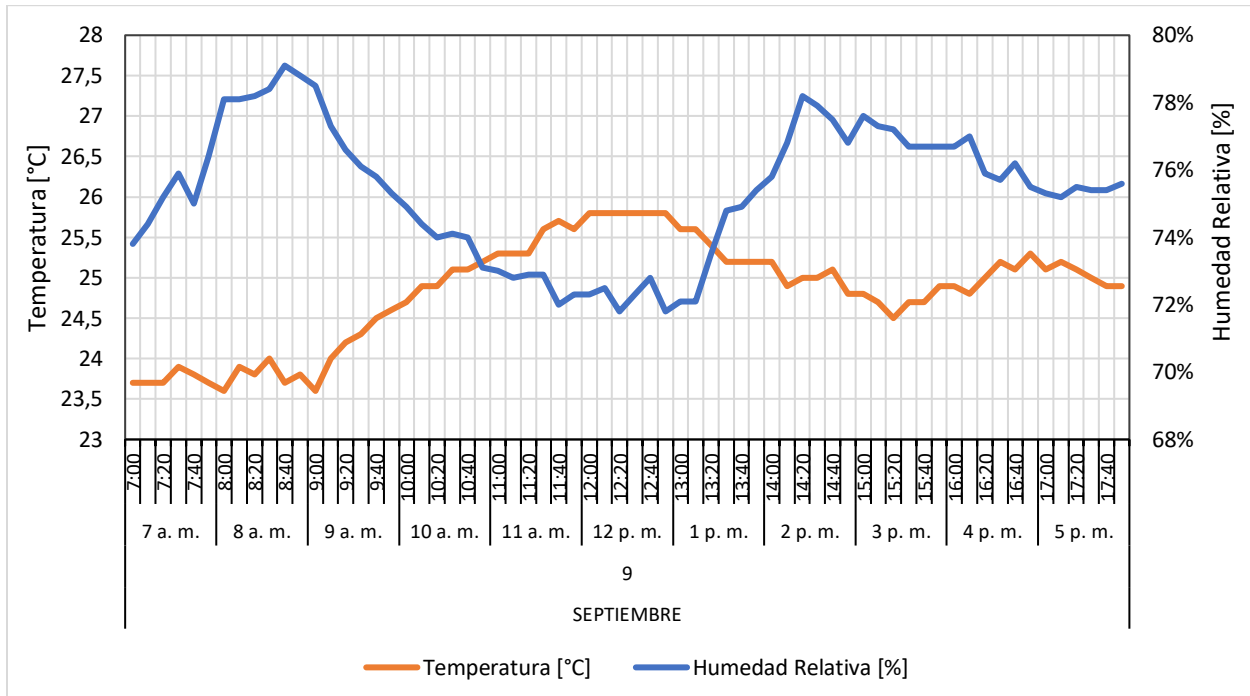


Figura A3

Temperatura y humedad relativa para el 10 de septiembre de 2021

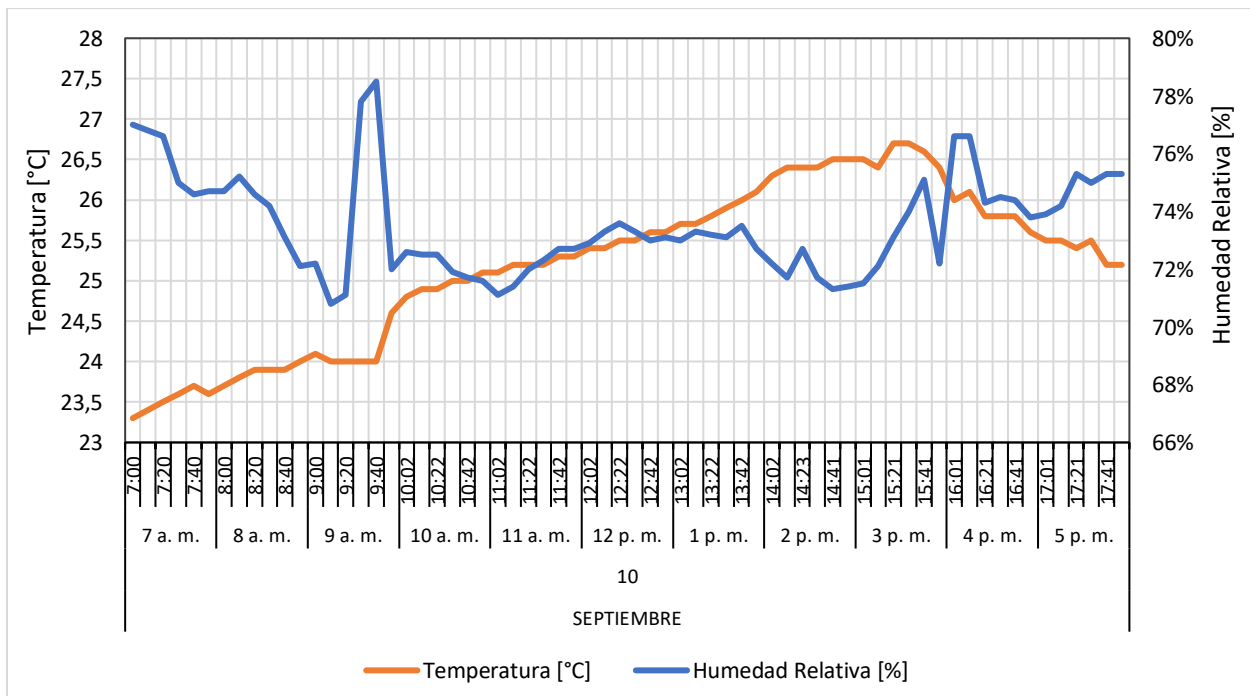


Figura A4

Temperatura y humedad relativa para el 11 de septiembre de 2021

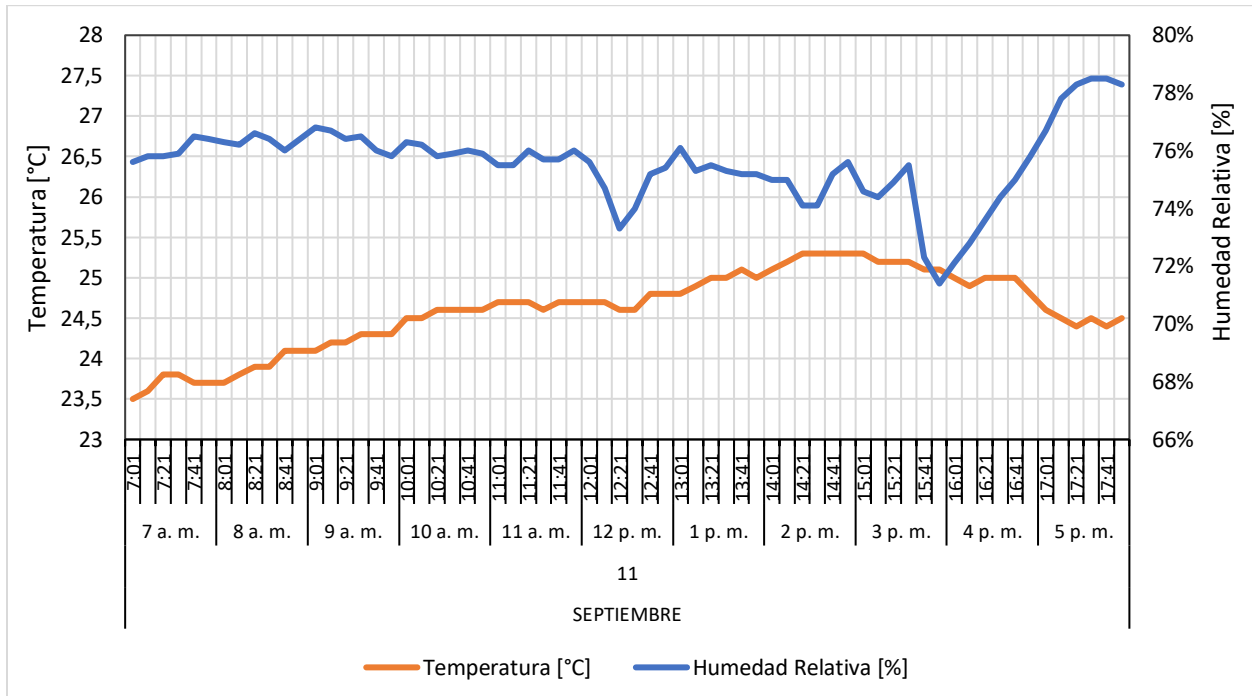


Figura A5

Temperatura y humedad relativa para el 12 de septiembre de 2021

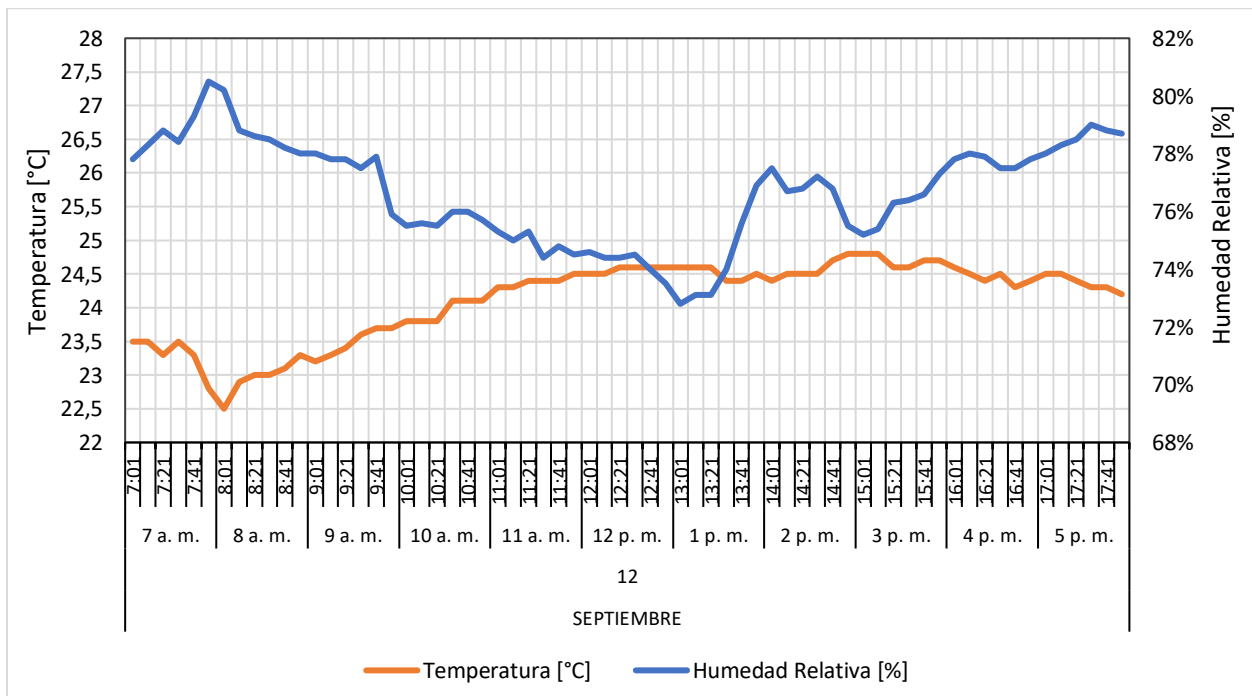


Figura A6

Temperatura y humedad relativa para el 13 de septiembre de 2021

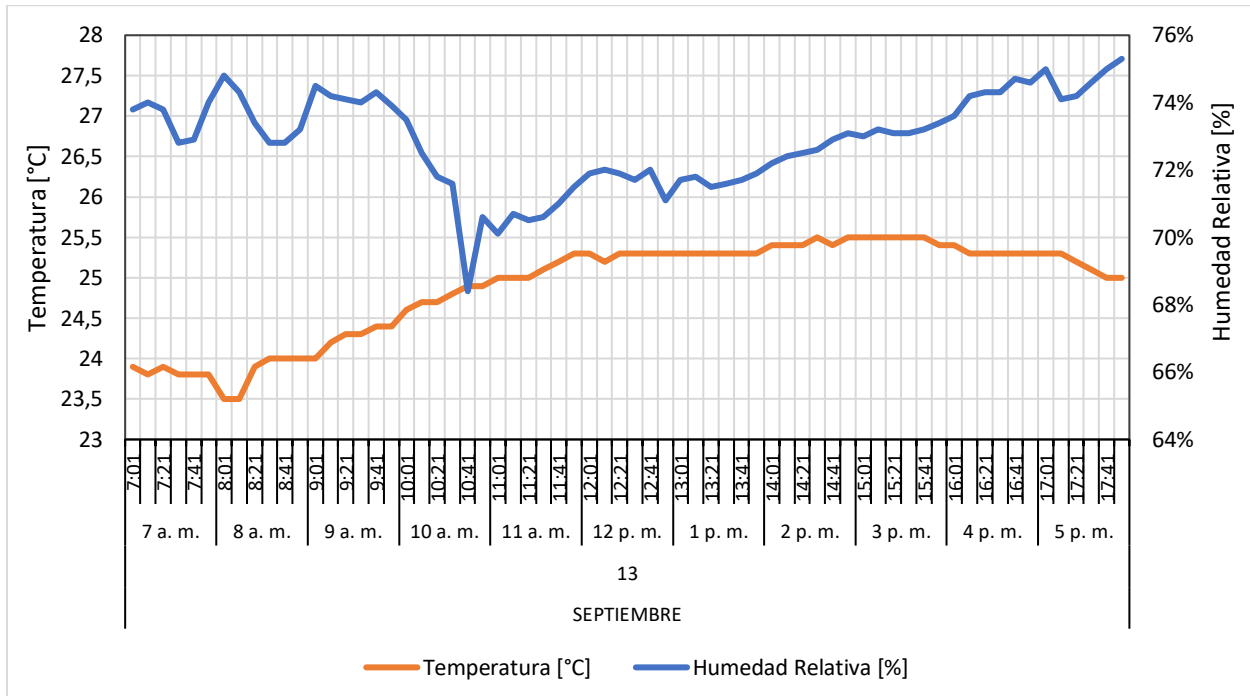


Figura A7

Temperatura y humedad relativa para el 14 de septiembre de 2021

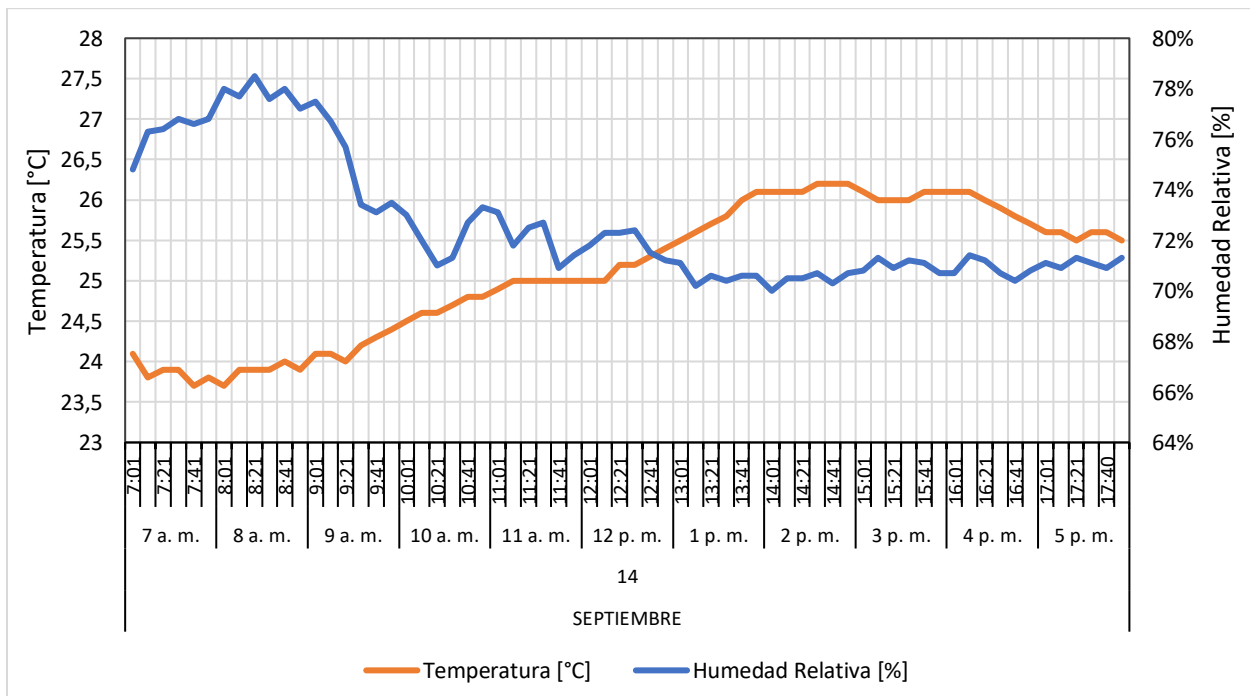


Figura A8

Temperatura y humedad relativa para el 15 de septiembre de 2021

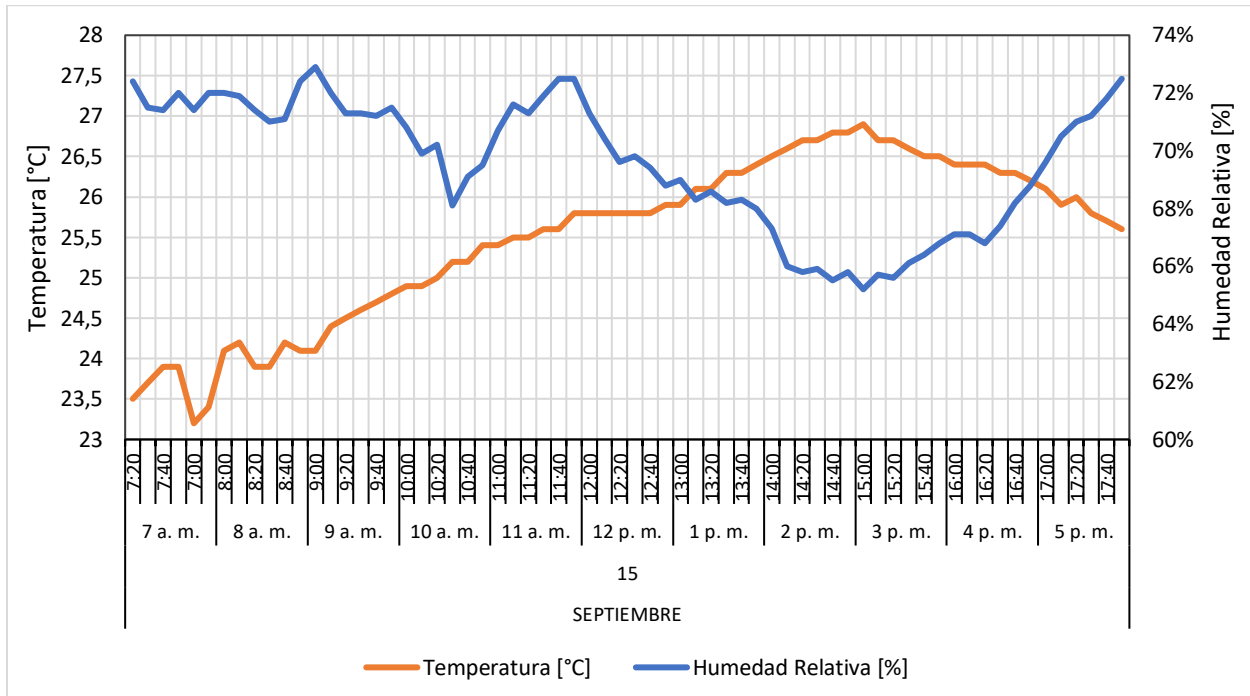


Figura A9

Temperatura y humedad relativa para el 16 de septiembre de 2021

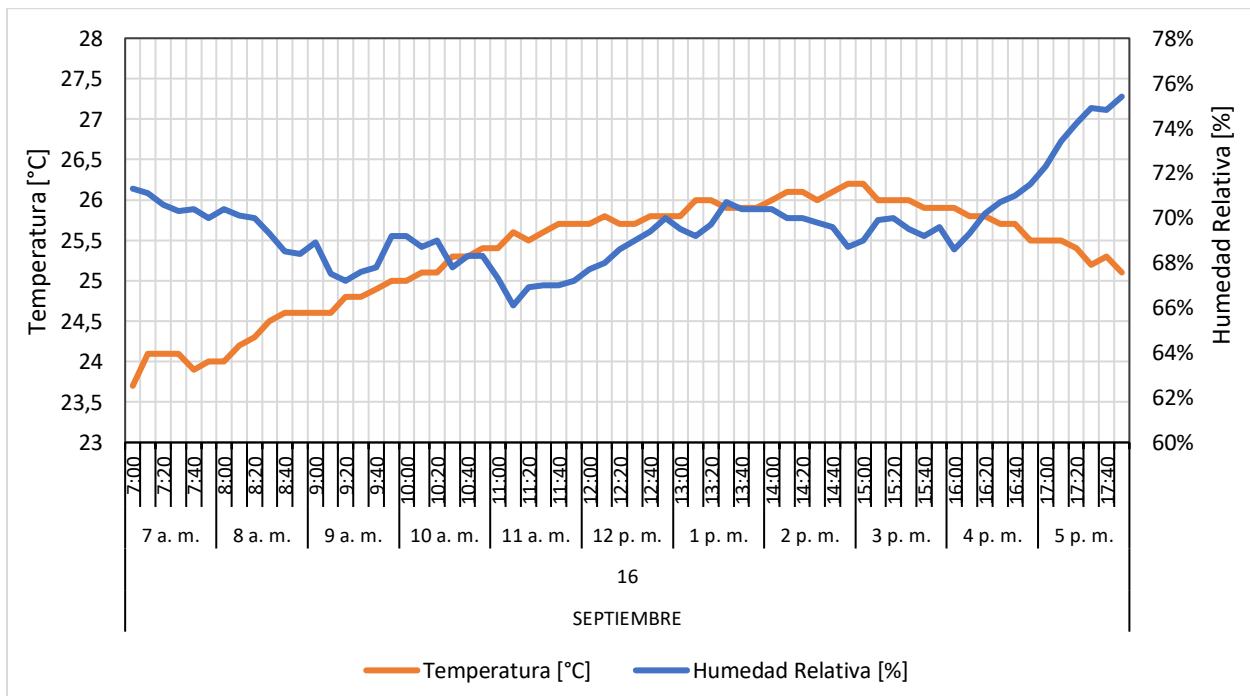


Figura A10

Temperatura y humedad relativa para el 17 de septiembre de 2021

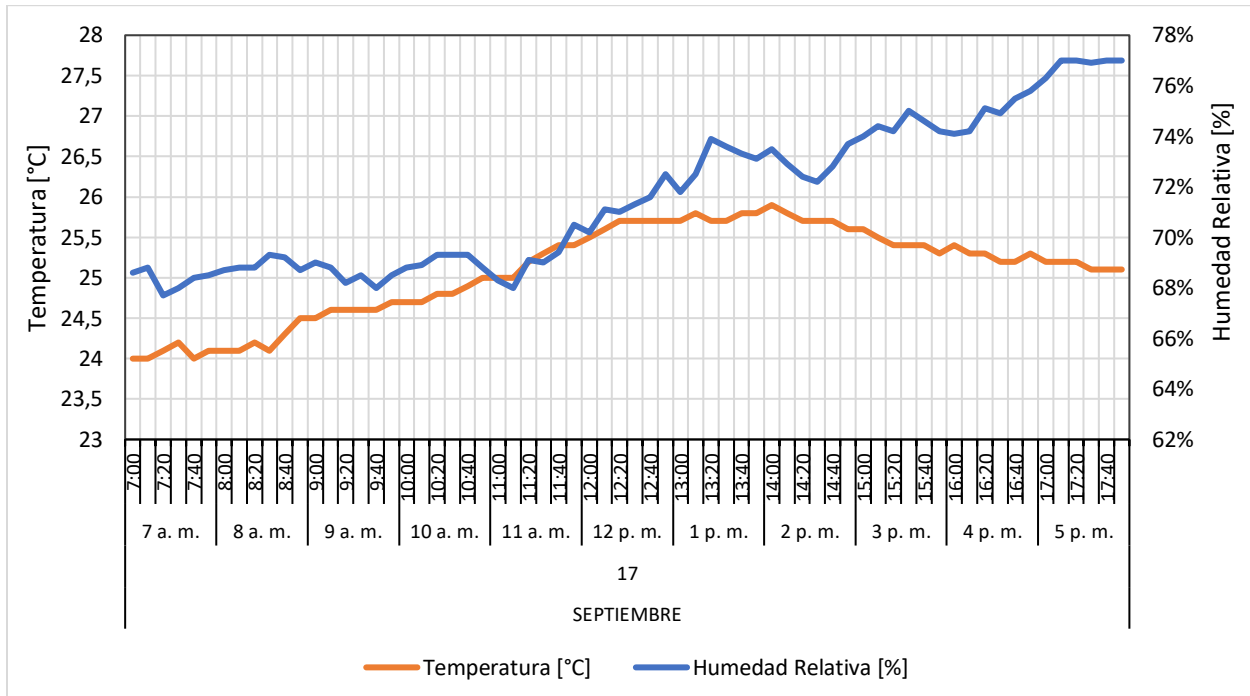


Figura A11

Temperatura y humedad relativa para el 18 de septiembre de 2021

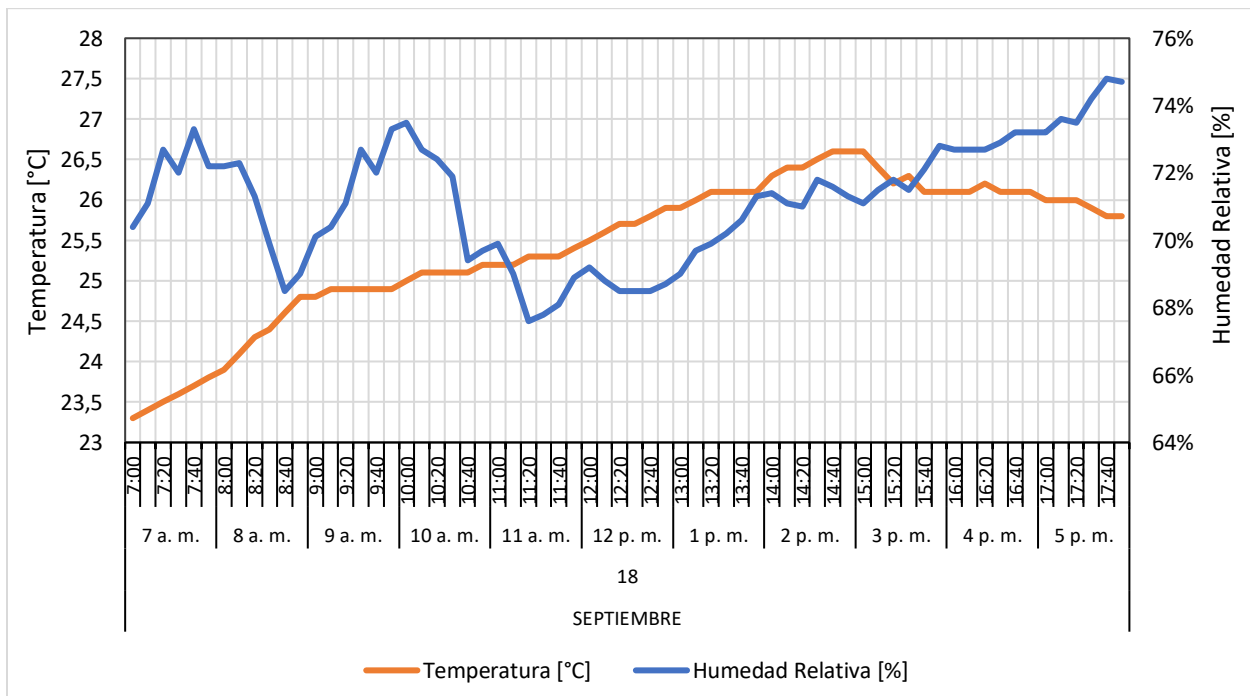


Figura A12

Temperatura y humedad relativa para el 19 de septiembre de 2021

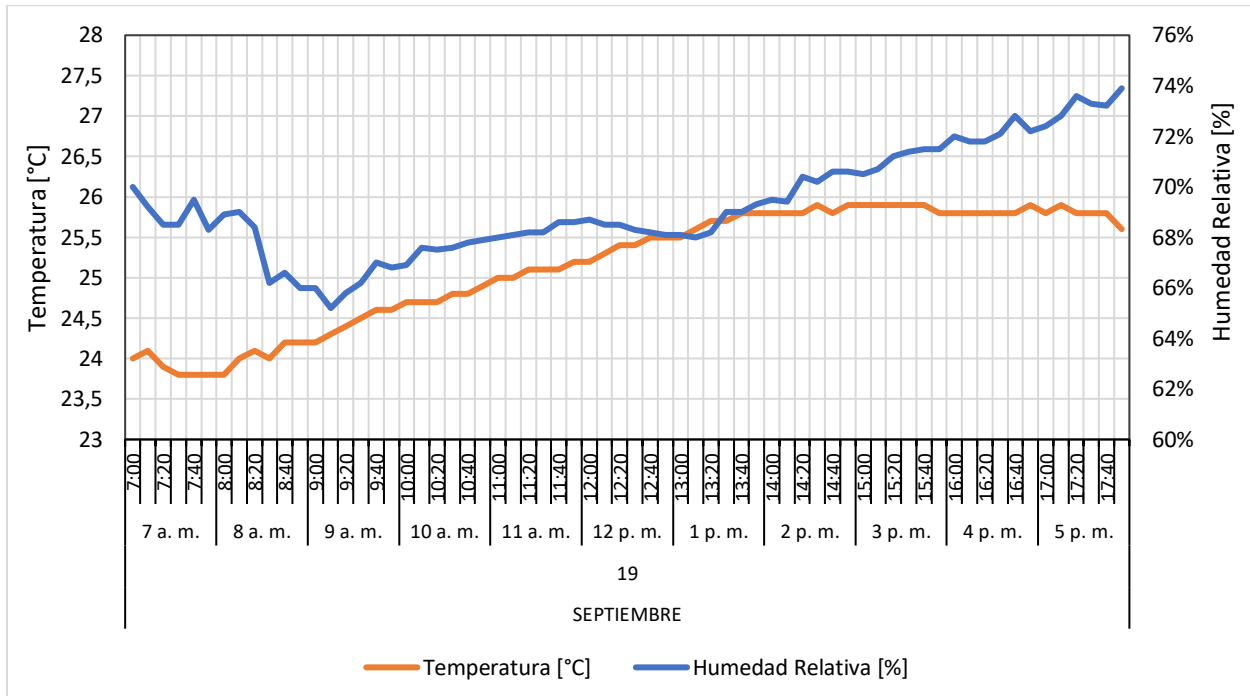


Figura A13

Temperatura y humedad relativa para el 20 de septiembre de 2021

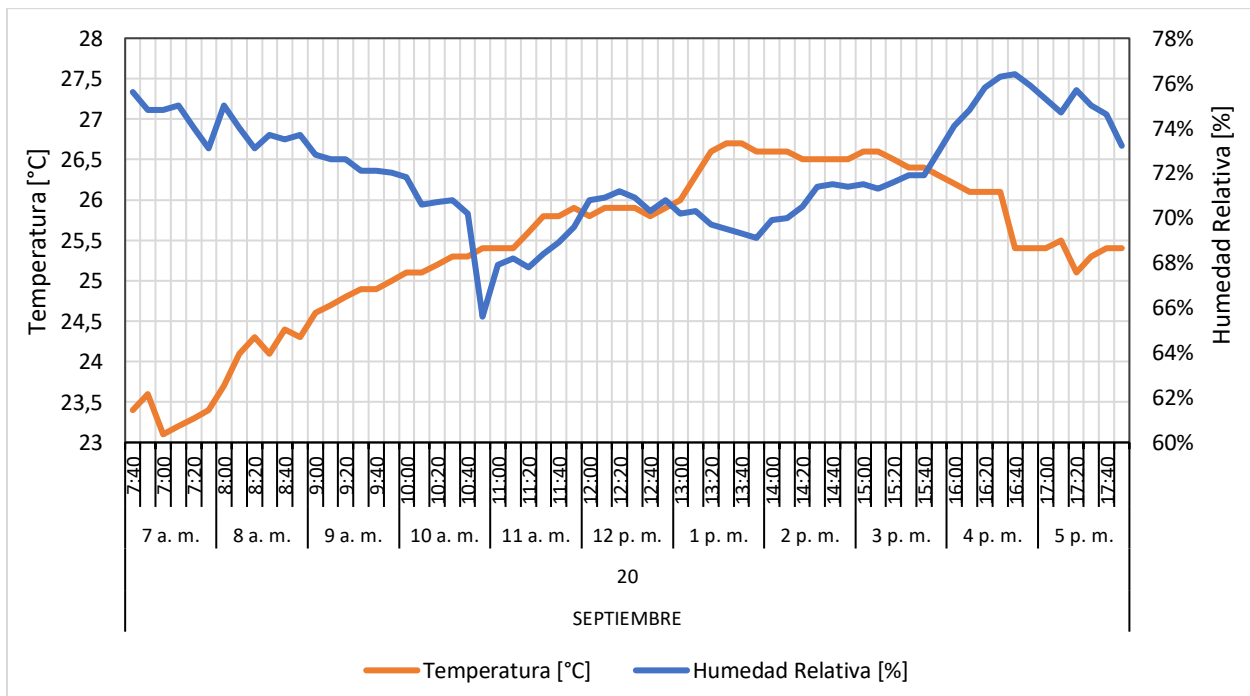


Figura A14

Temperatura y humedad relativa para el 21 de septiembre de 2021

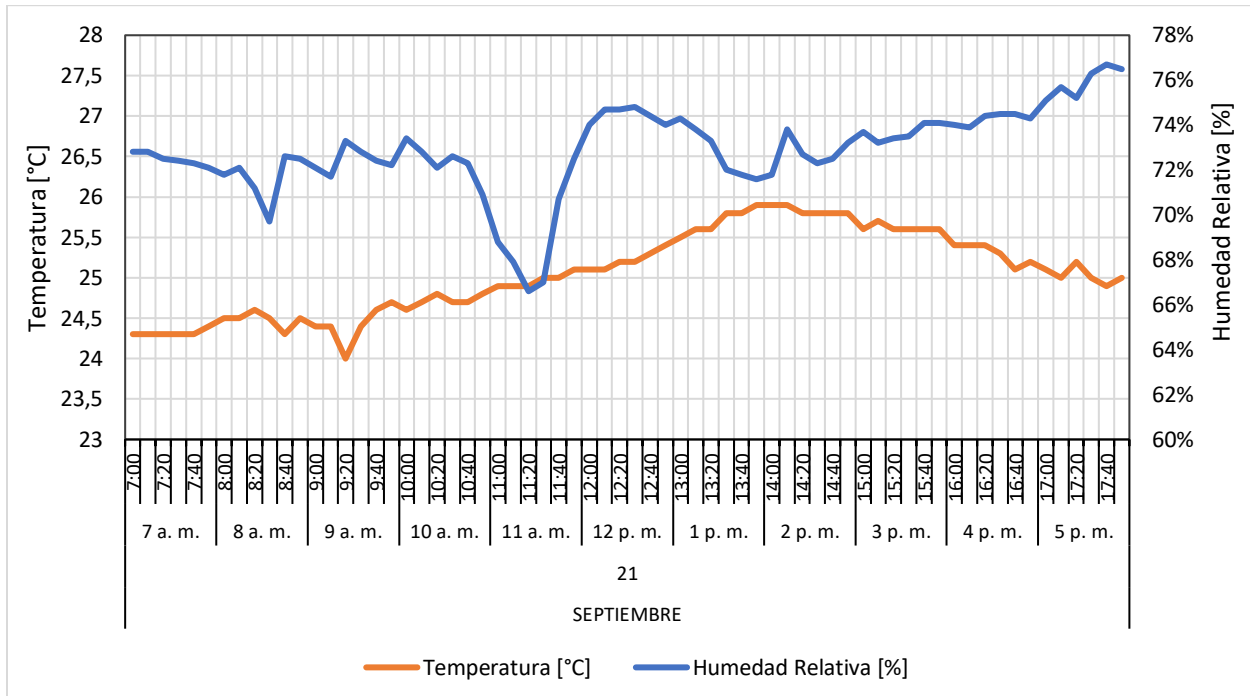


Figura A15

Temperatura y humedad relativa para el 22 de septiembre de 2021

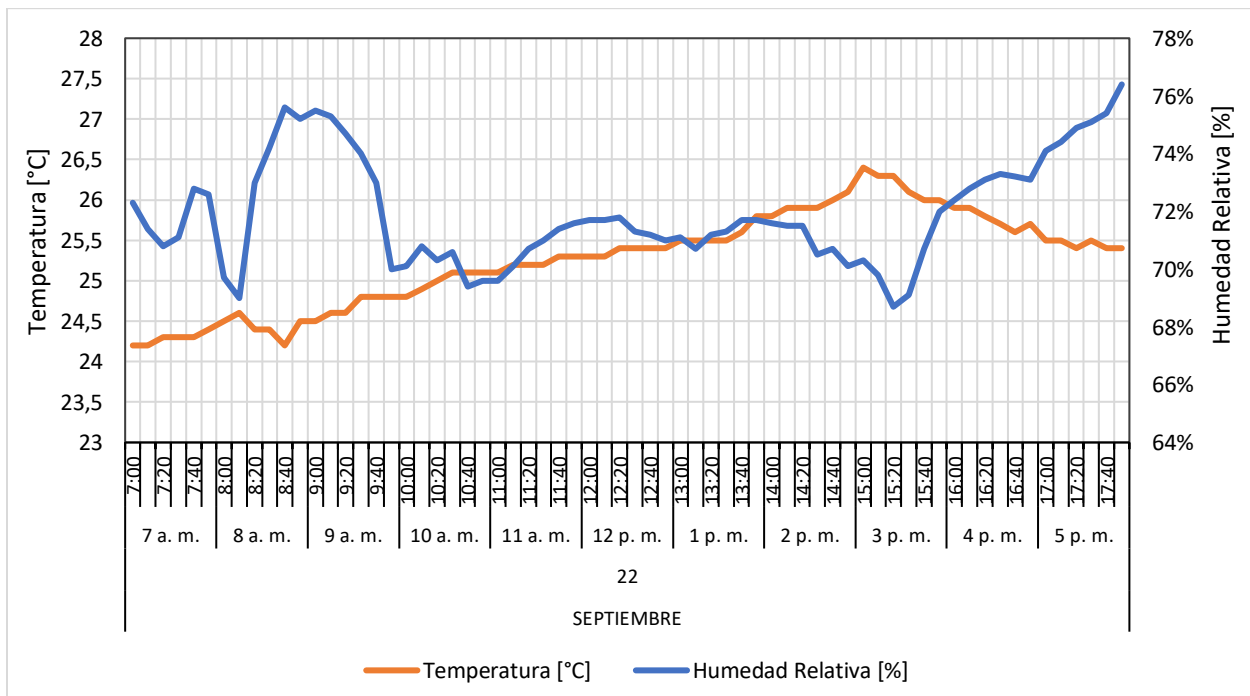


Figura A16

Temperatura y humedad relativa para el 23 de septiembre de 2021

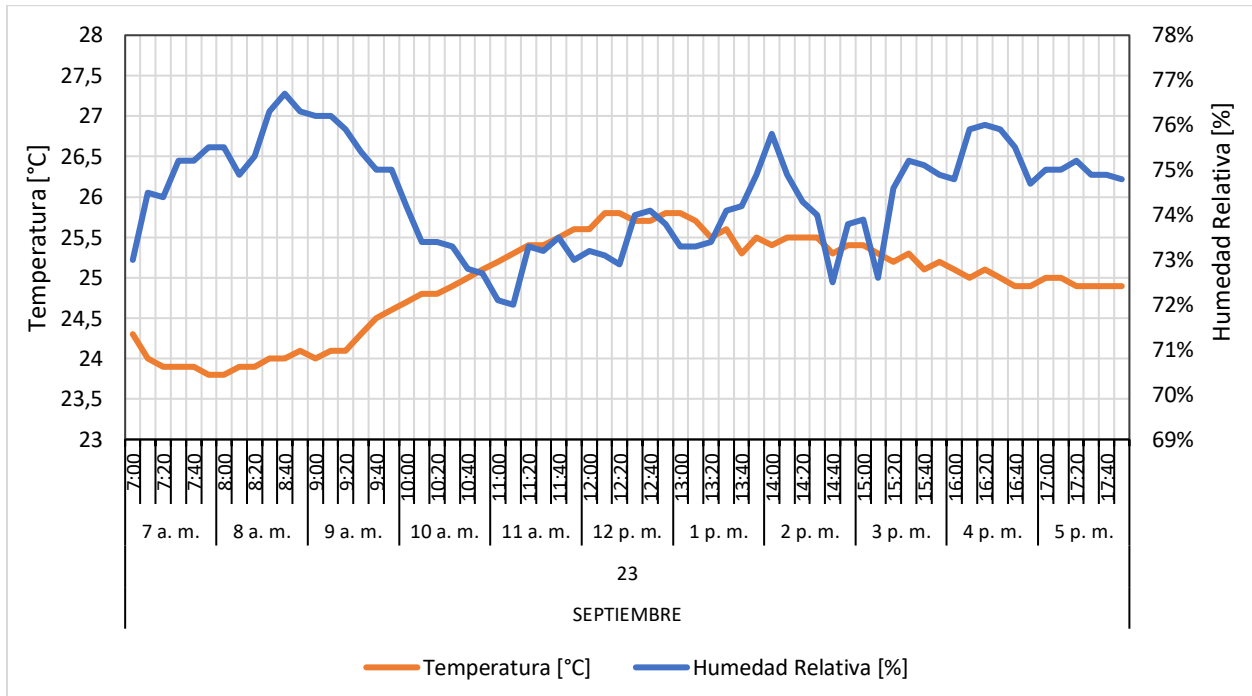


Figura A17

Temperatura y humedad relativa para el 24 de septiembre de 2021

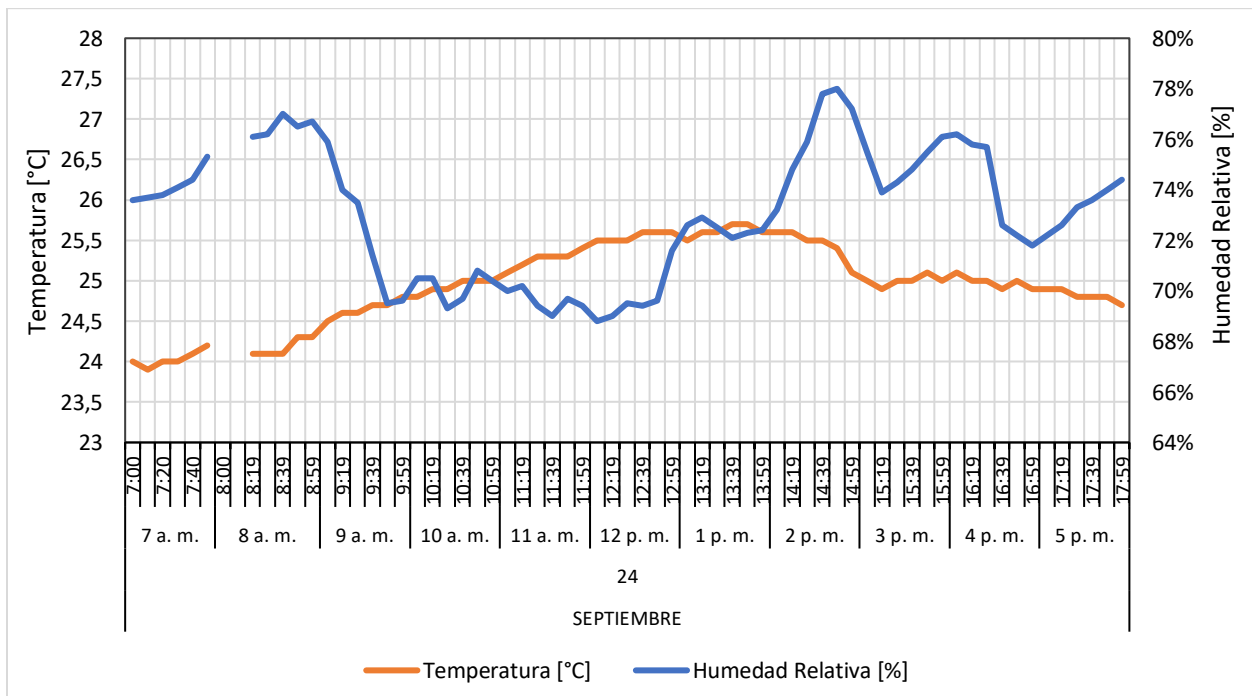


Figura A18

Temperatura y humedad relativa para el 25 de septiembre de 2021

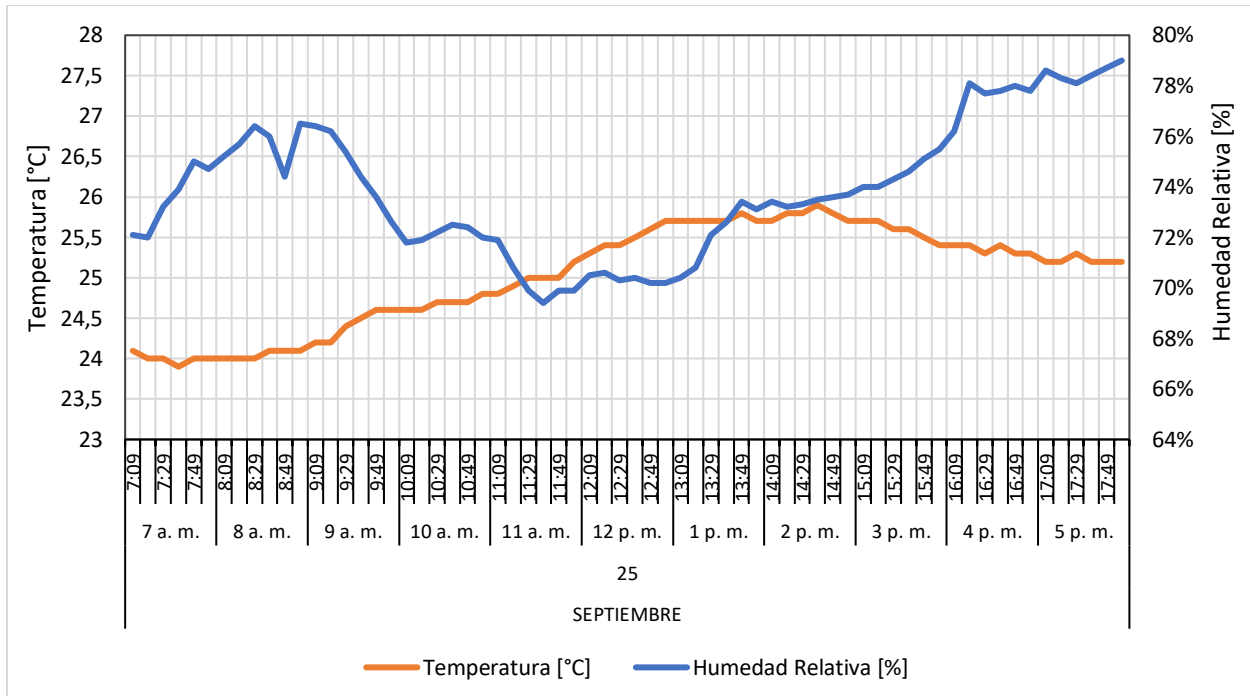


Figura A19

Temperatura y humedad relativa para el 26 de septiembre de 2021

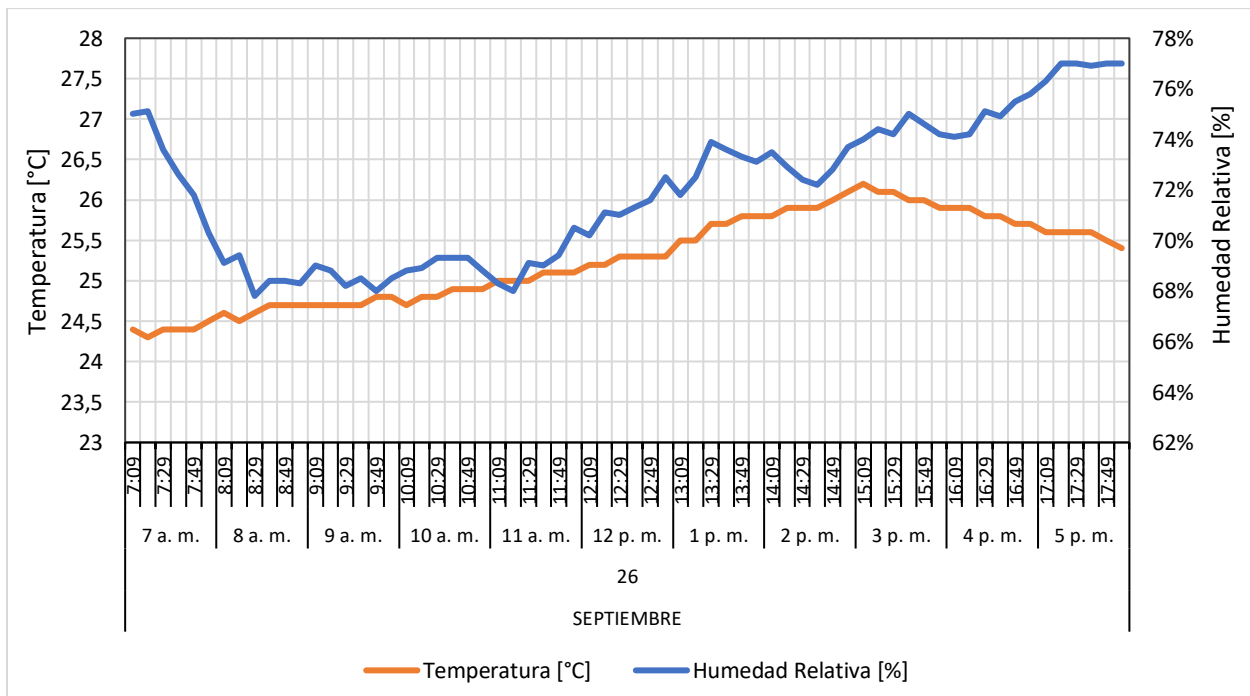


Figura A20

Temperatura y humedad relativa para el 27 de septiembre de 2021

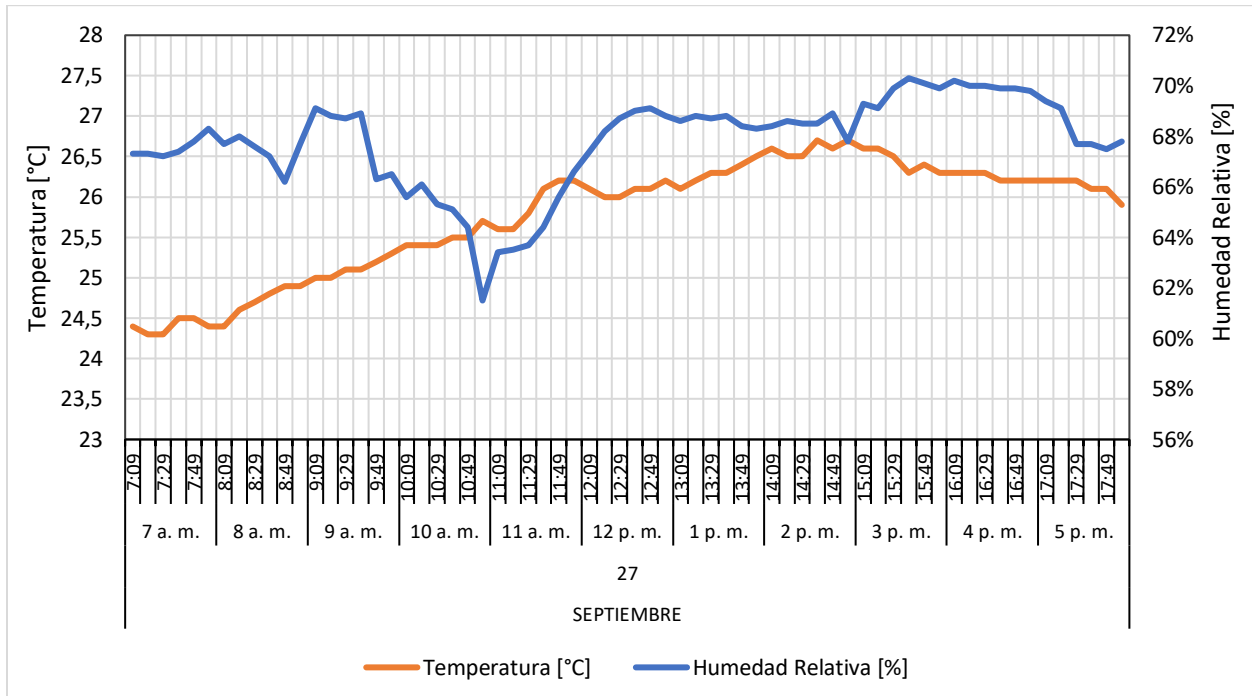


Figura A21

Temperatura y humedad relativa para el 28 de septiembre de 2021

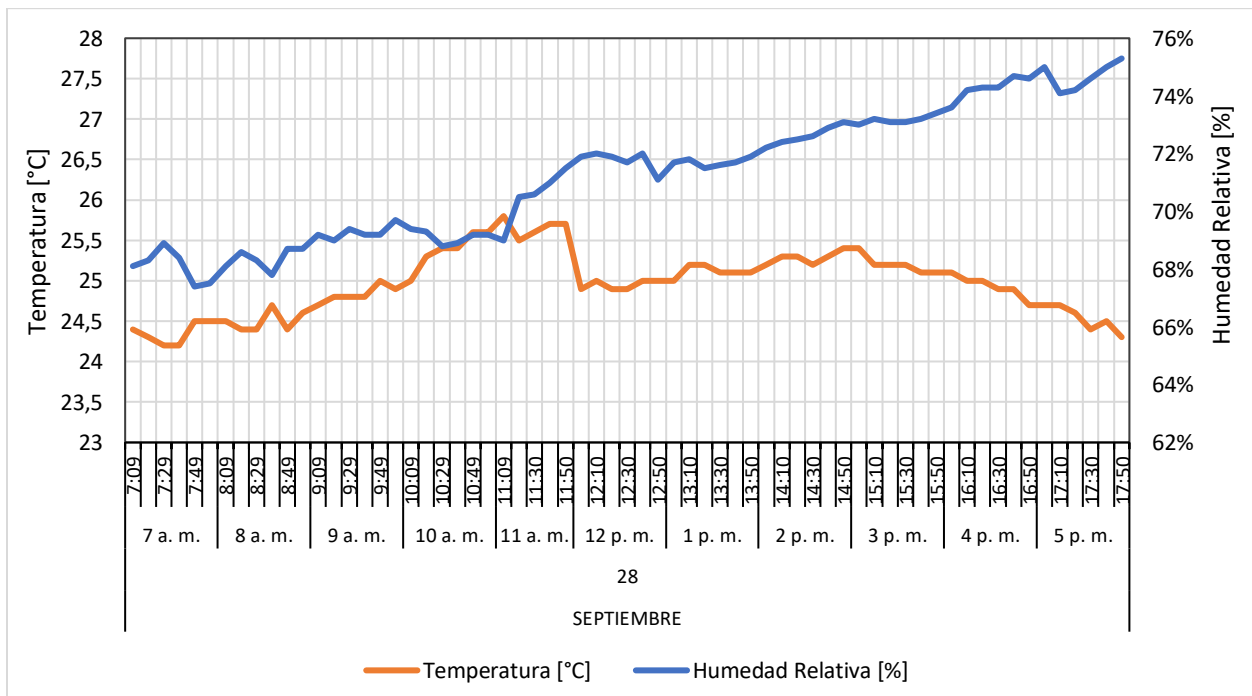


Figura A22

Temperatura y humedad relativa para el 29 de septiembre de 2021

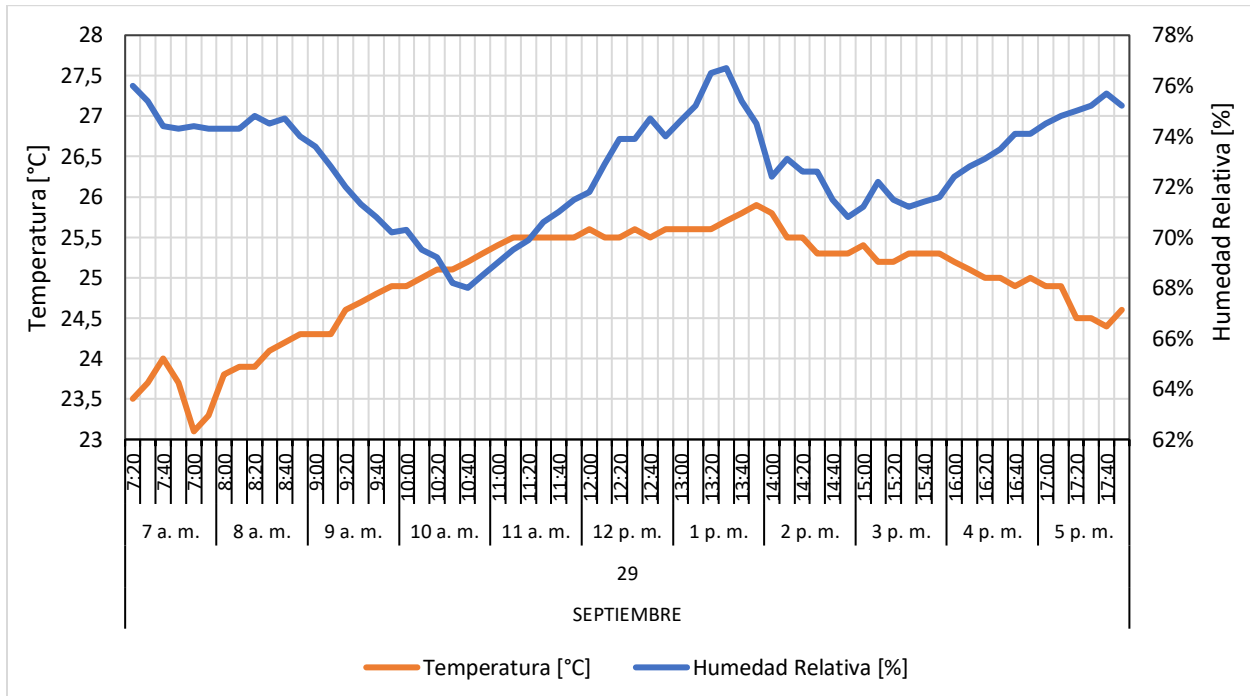


Figura A23

Temperatura y humedad relativa para el 30 de septiembre de 2021

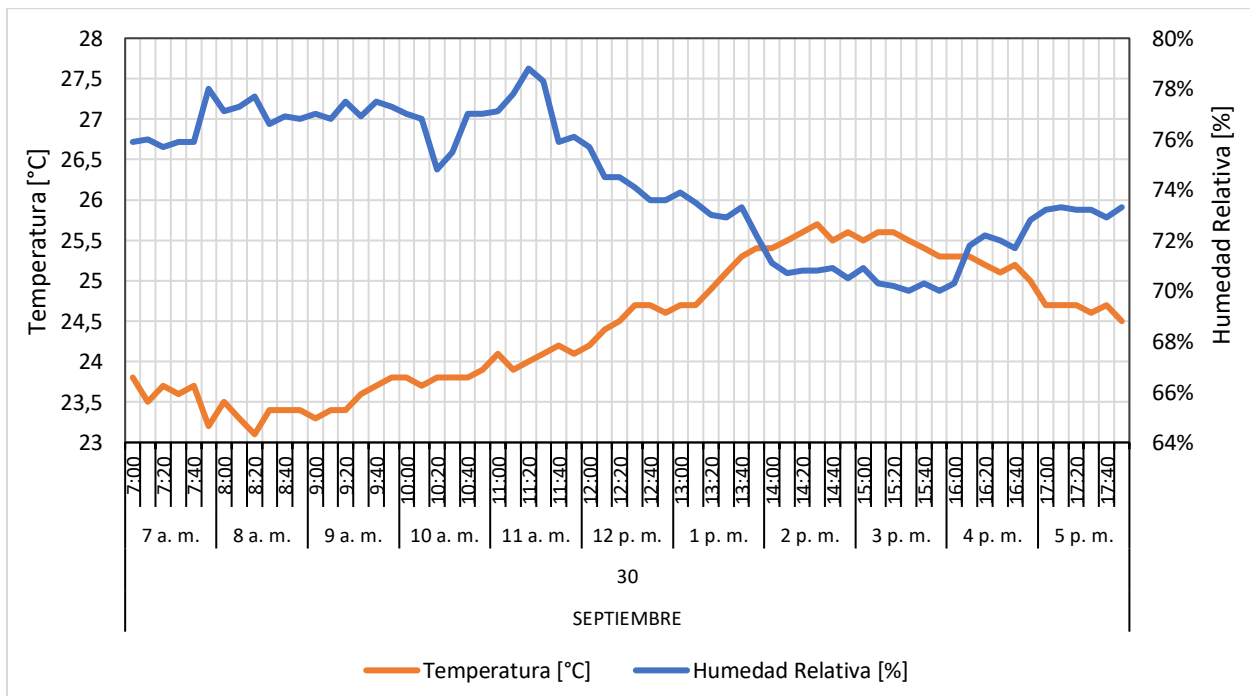


Figura A24

Temperatura y humedad relativa para el 1 de octubre de 2021

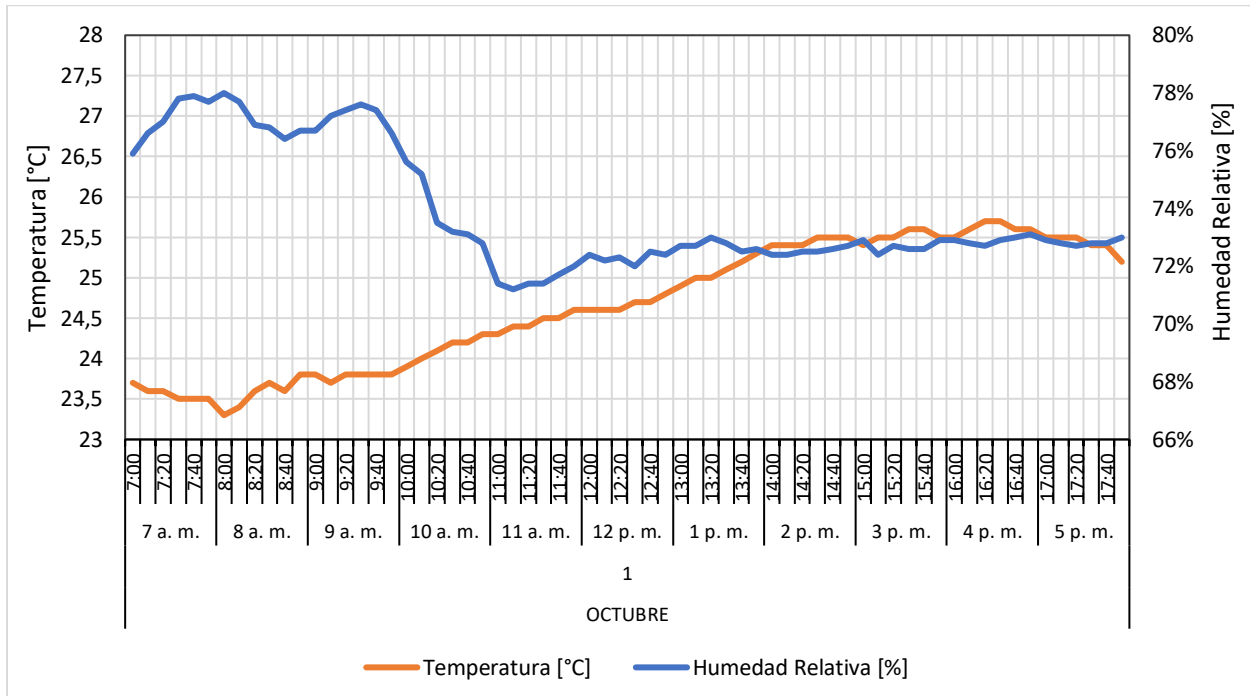


Figura A25

Temperatura y humedad relativa para el 2 de octubre de 2021

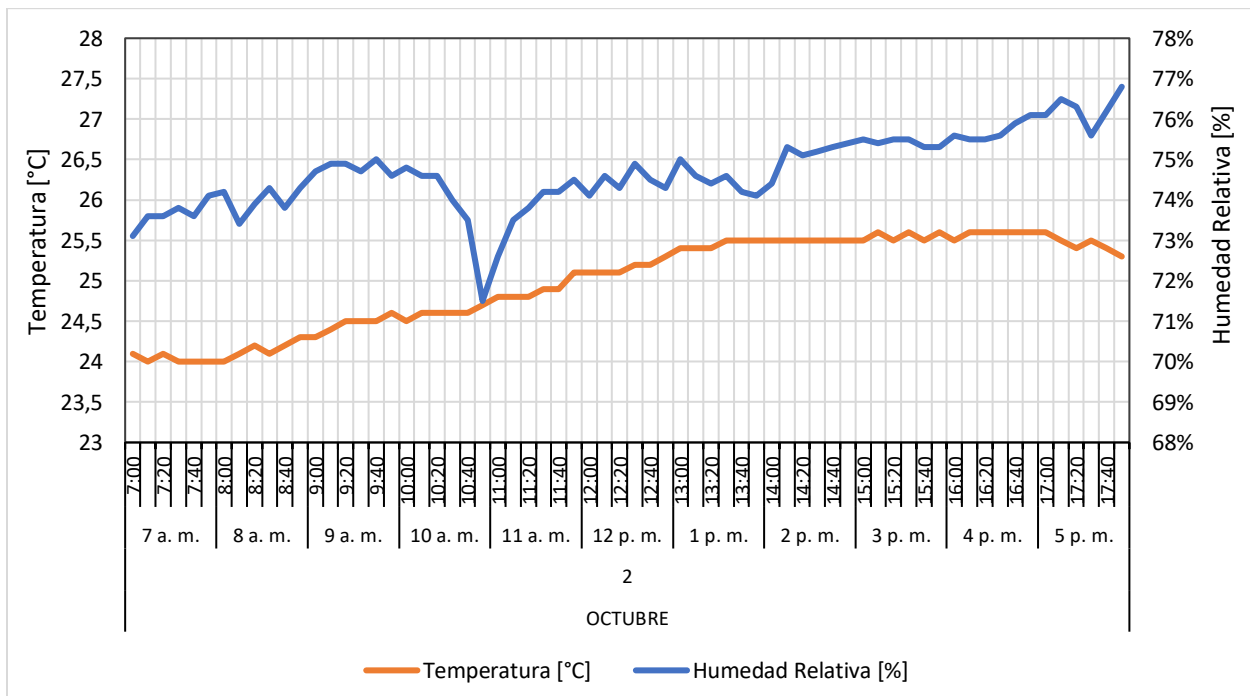


Figura A26

Temperatura y humedad relativa para el 3 de octubre de 2021

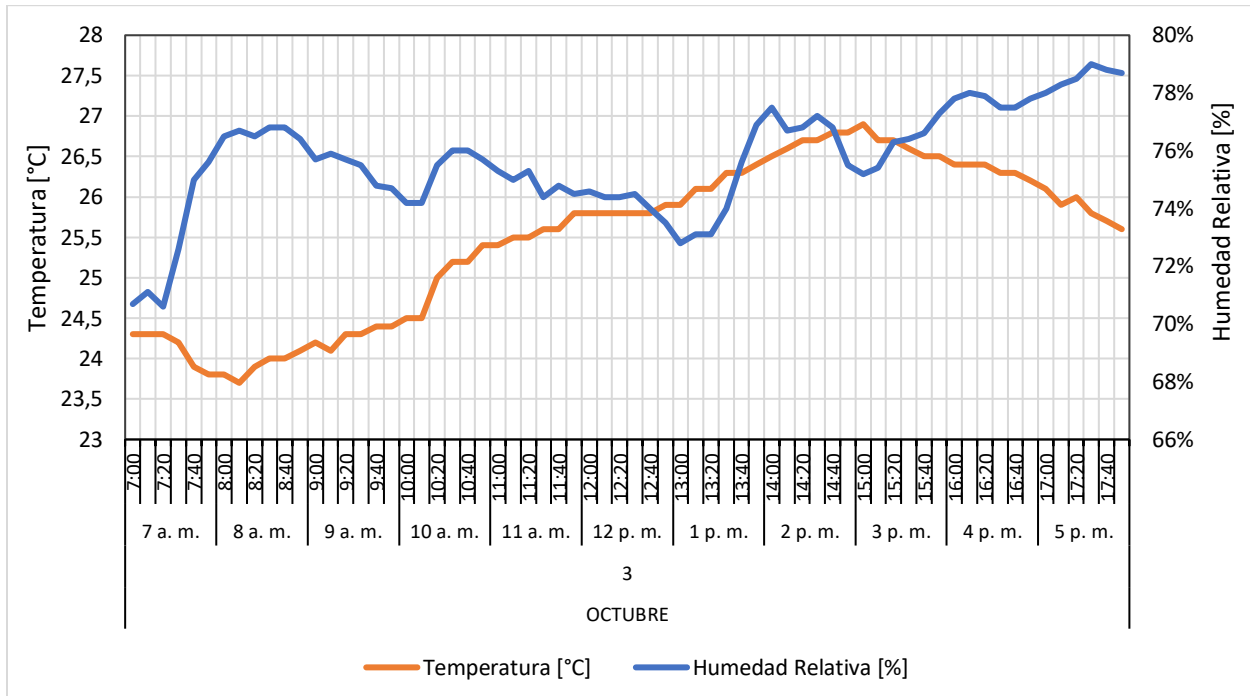


Figura A27

Temperatura y humedad relativa para el 4 de octubre de 2021

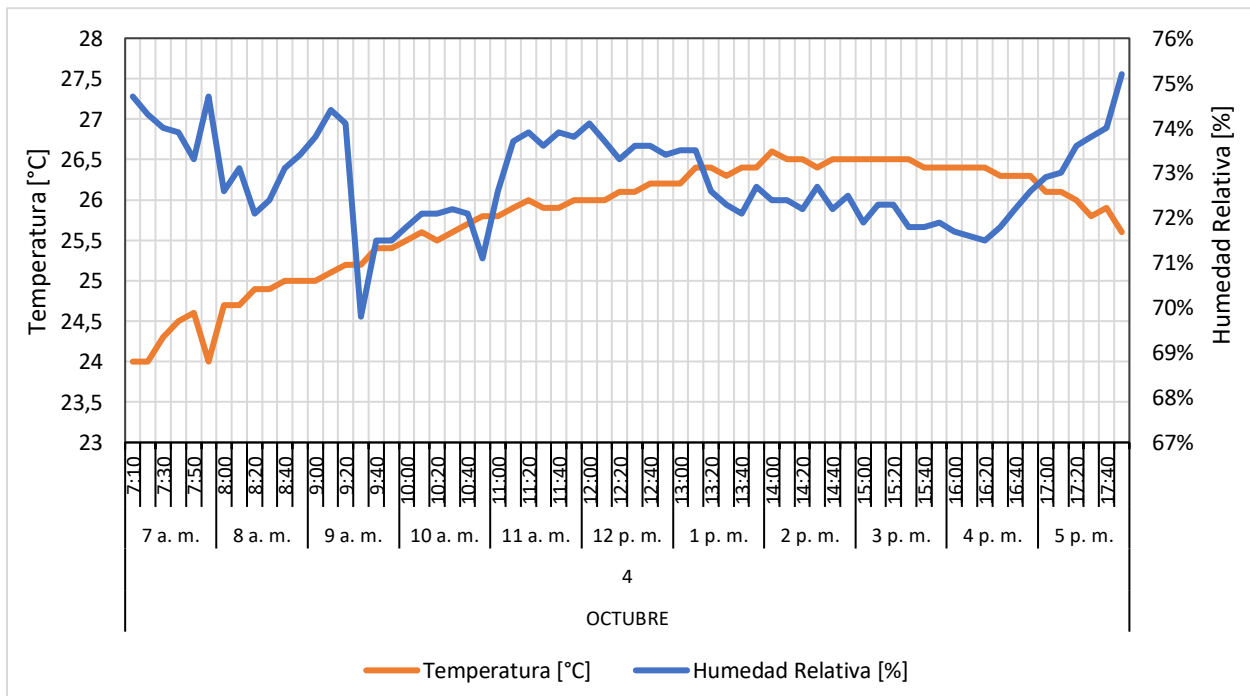


Figura A28

Temperatura y humedad relativa para el 5 de octubre de 2021

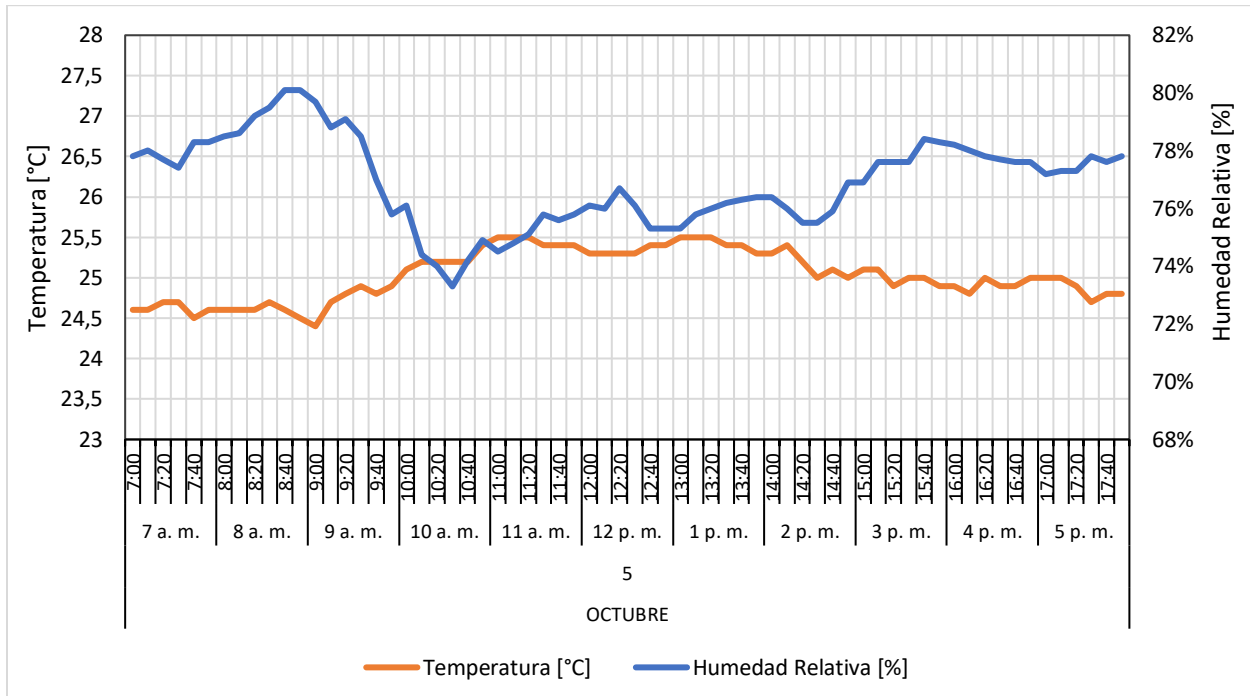


Figura A29

Temperatura y humedad relativa para el 6 de octubre de 2021

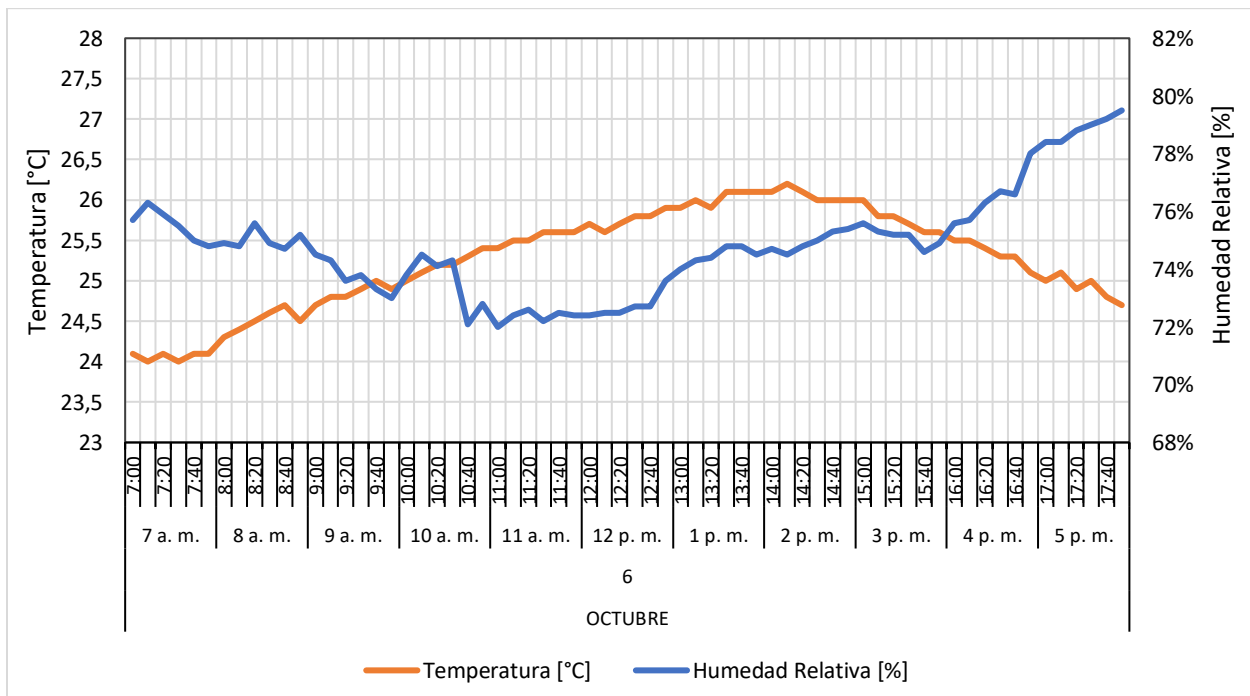
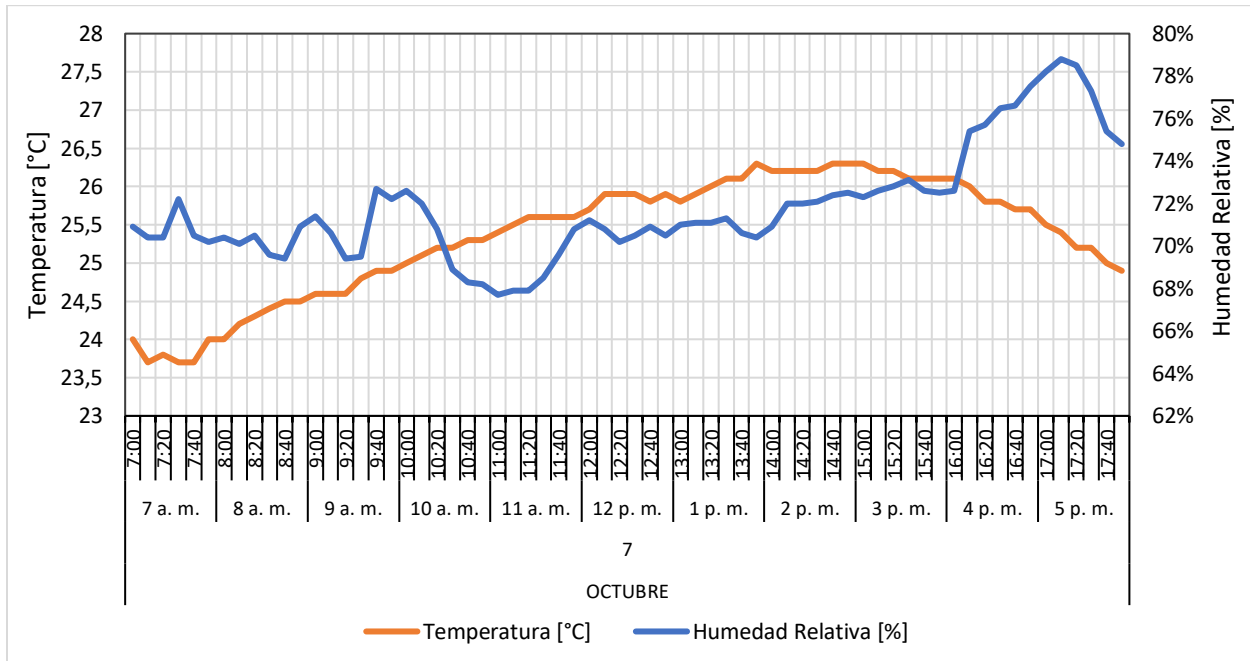


Figura A30

Temperatura y humedad relativa para el 7 de octubre de 2021



A.2. Concentración de CO y CO2

Figura A31

Concentración de CO y CO₂ para el 8 de septiembre de 2021

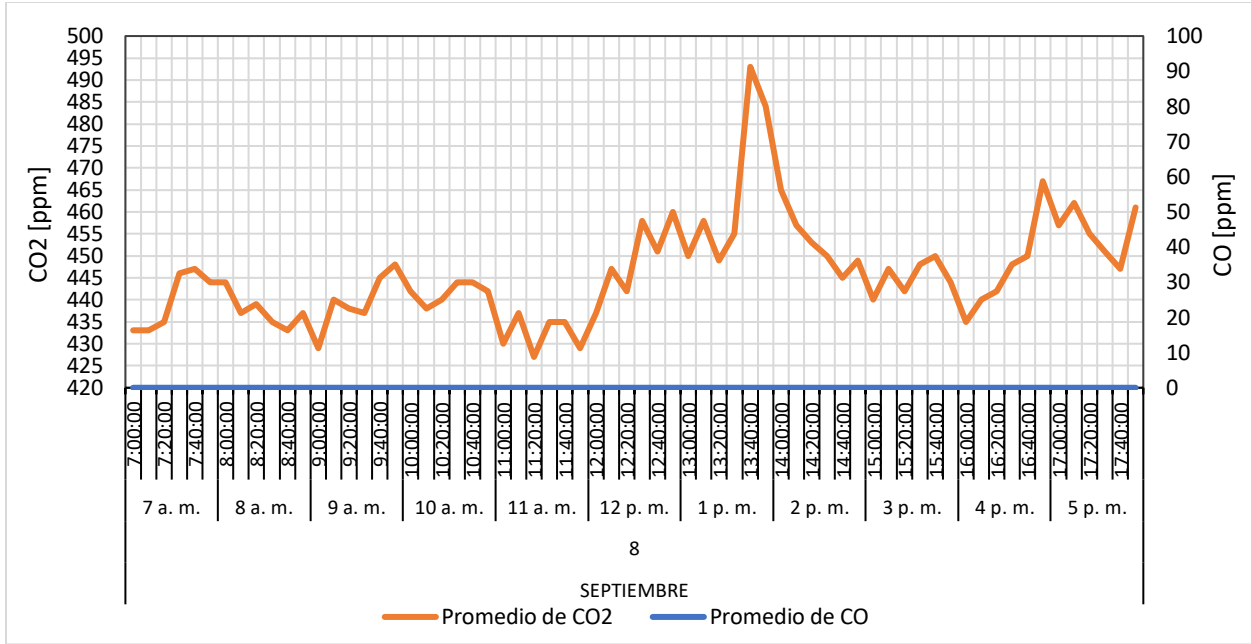


Figura A32

Concentración de CO y CO₂ para el 9 de septiembre de 2021

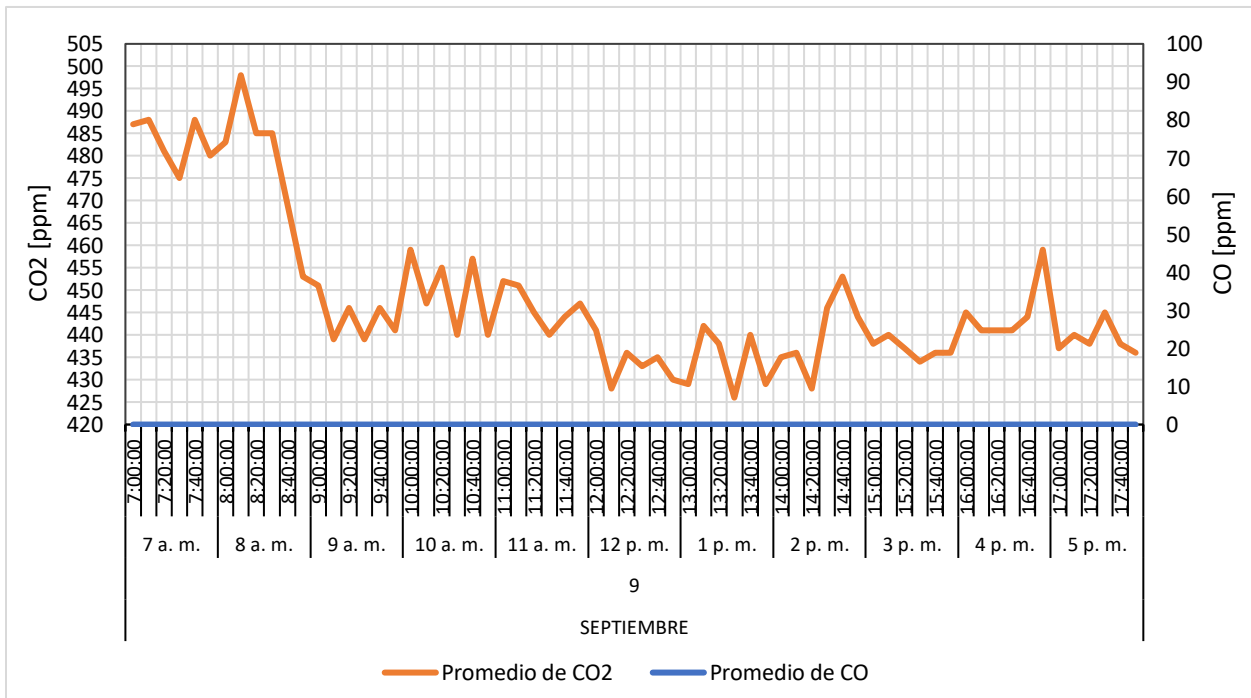


Figura A33

Concentración de CO y CO₂ para el 10 de septiembre de 2021

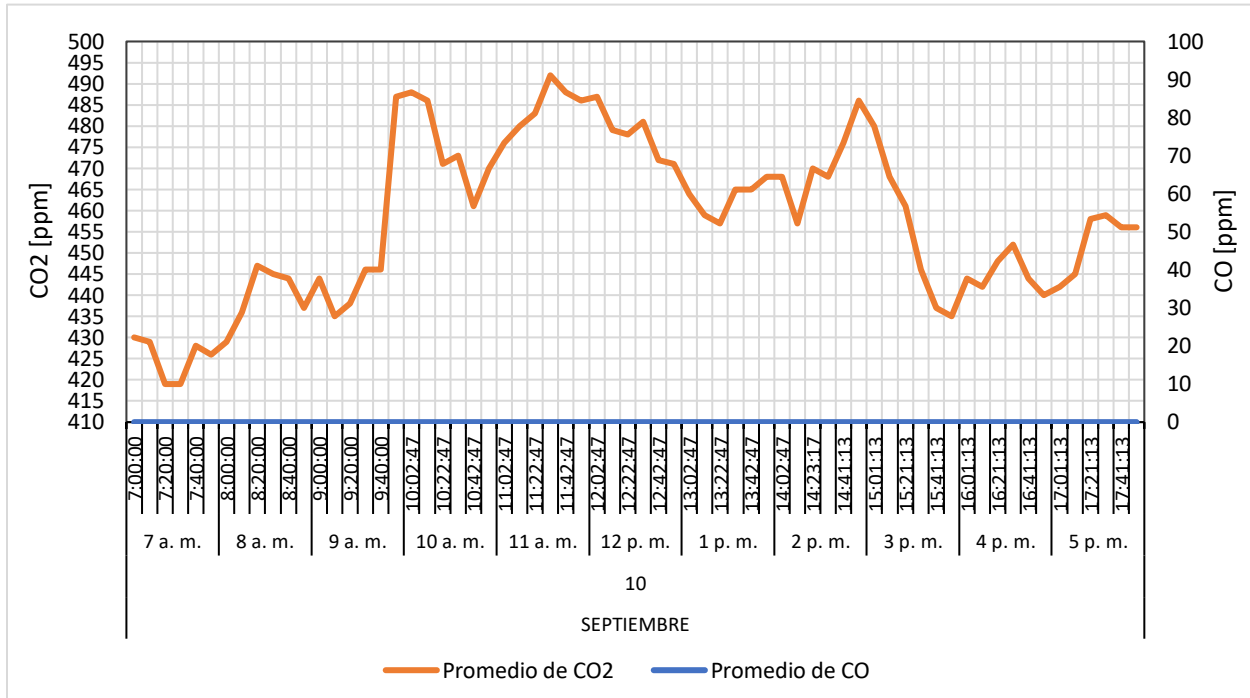


Figura A34

Concentración de CO y CO₂ para el 11 de septiembre de 2021

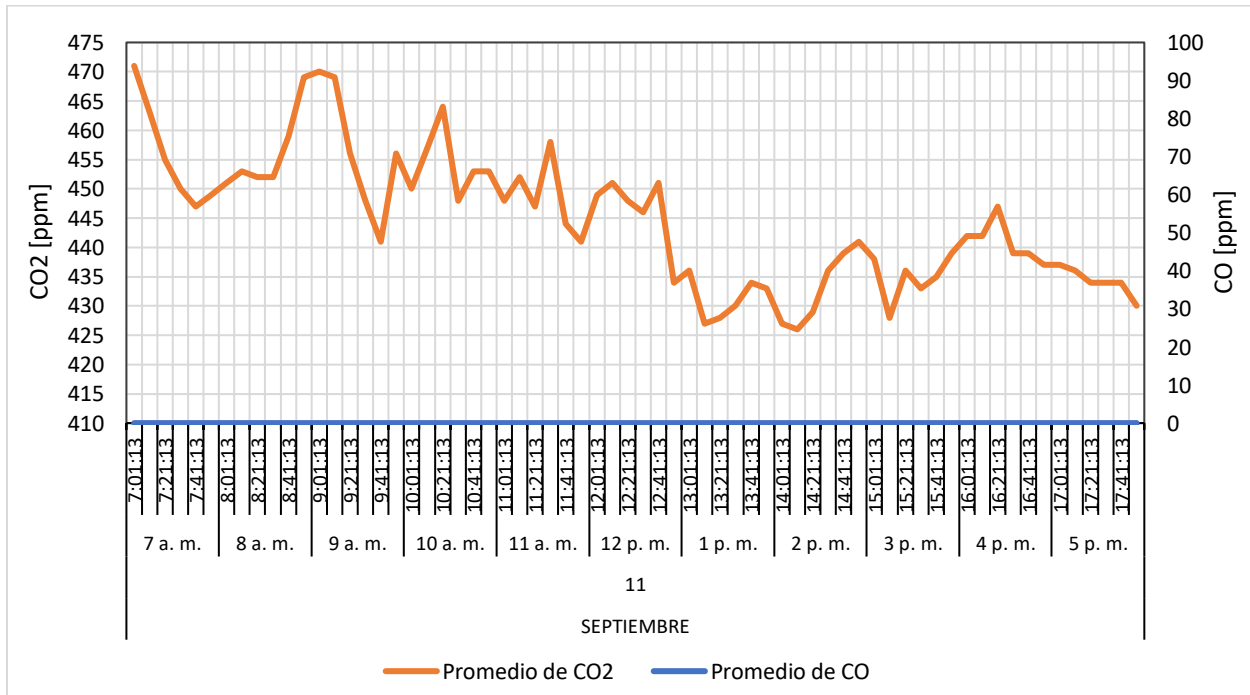


Figura A35

Concentración de CO y CO₂ para el 12 de septiembre de 2021

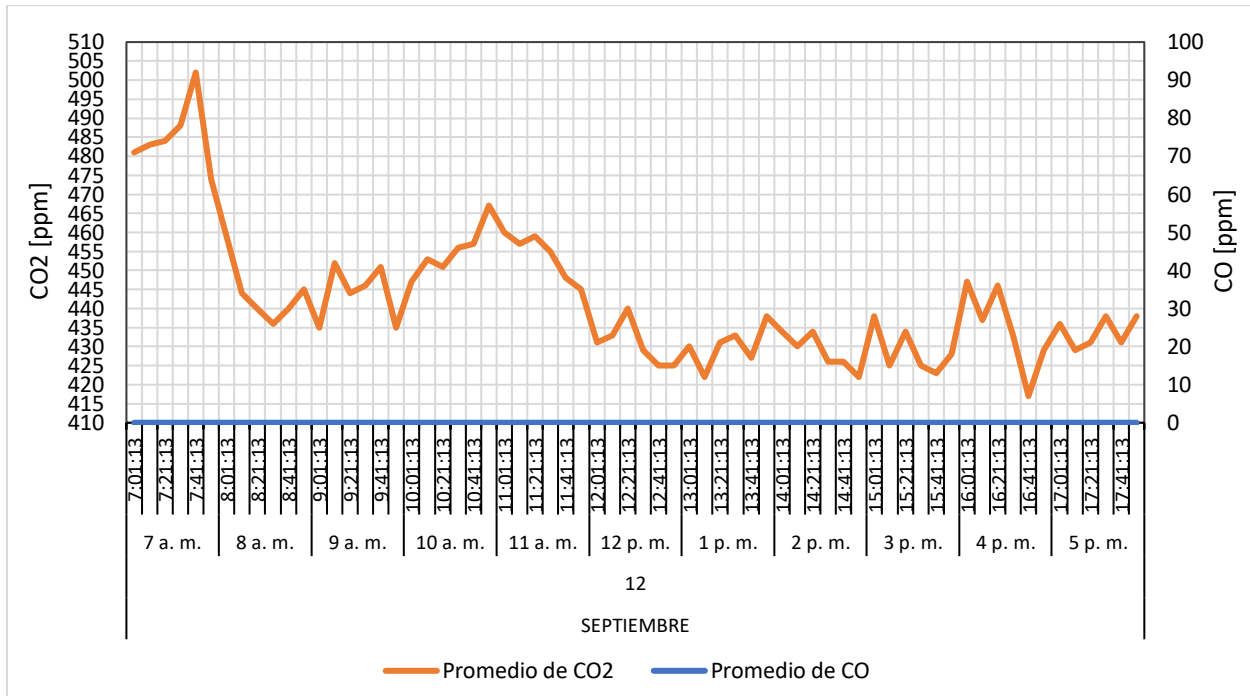


Figura A36

Concentración de CO y CO₂ para el 13 de septiembre de 2021

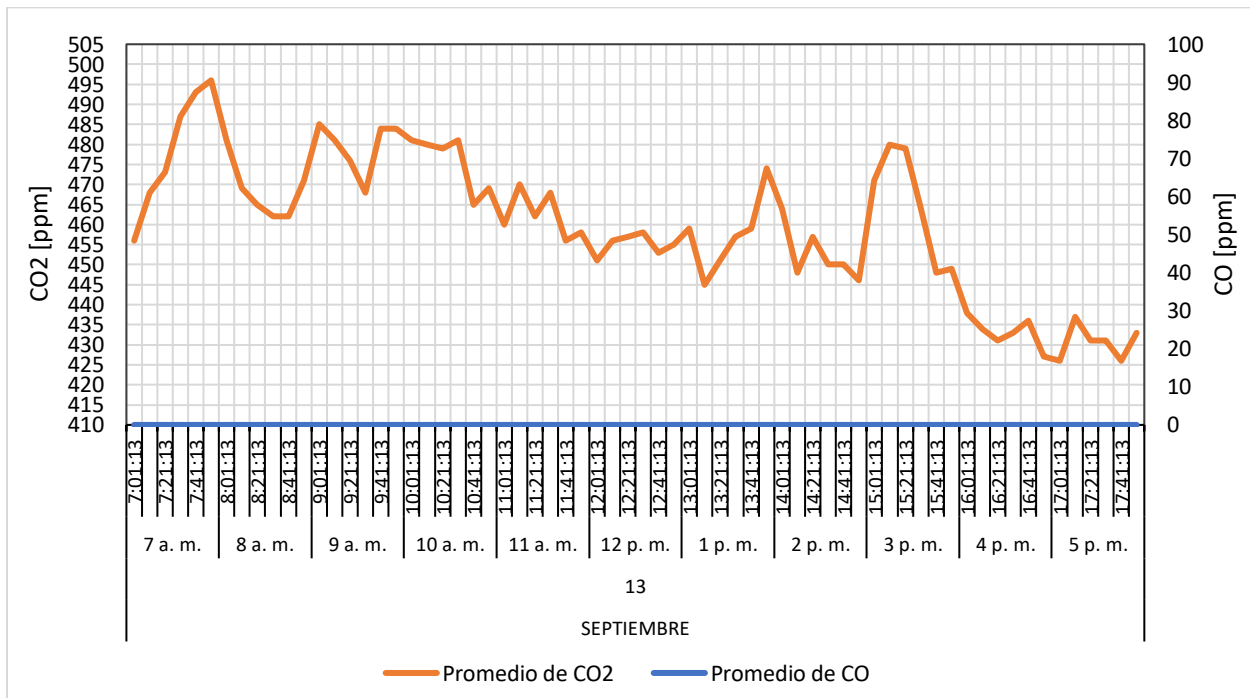


Figura A37

Concentración de CO y CO₂ para el 14 de septiembre de 2021

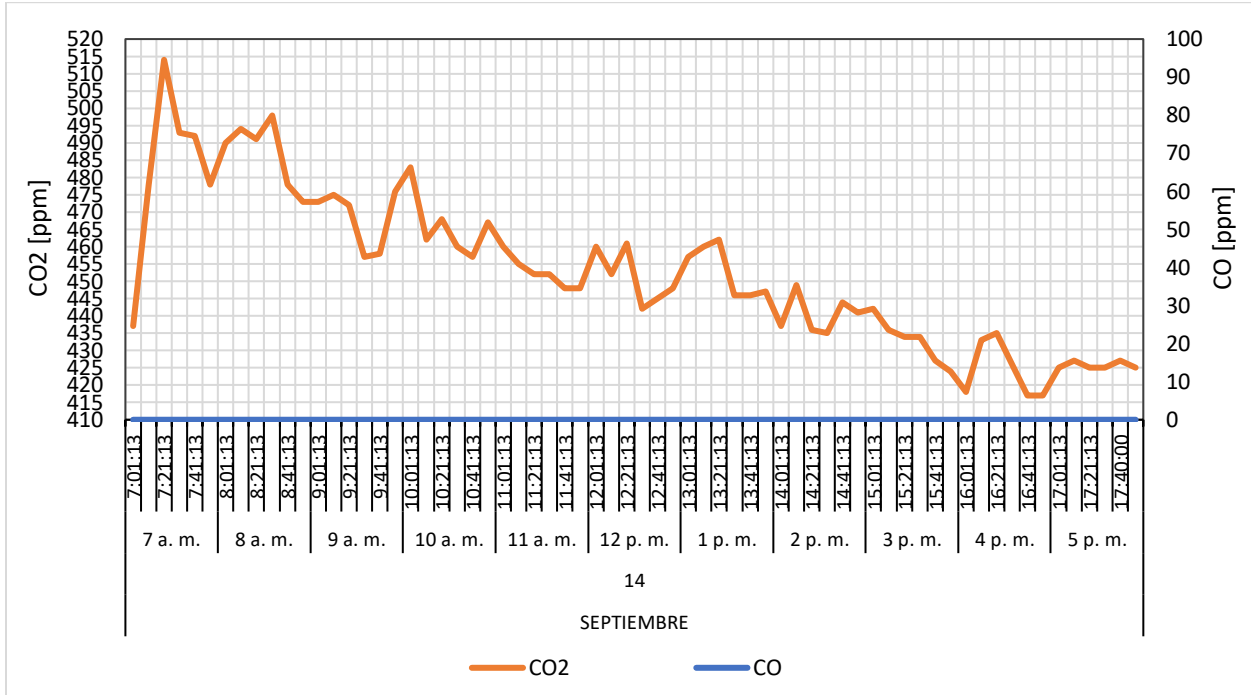


Figura A38

Concentración de CO y CO₂ para el 15 de septiembre de 2021

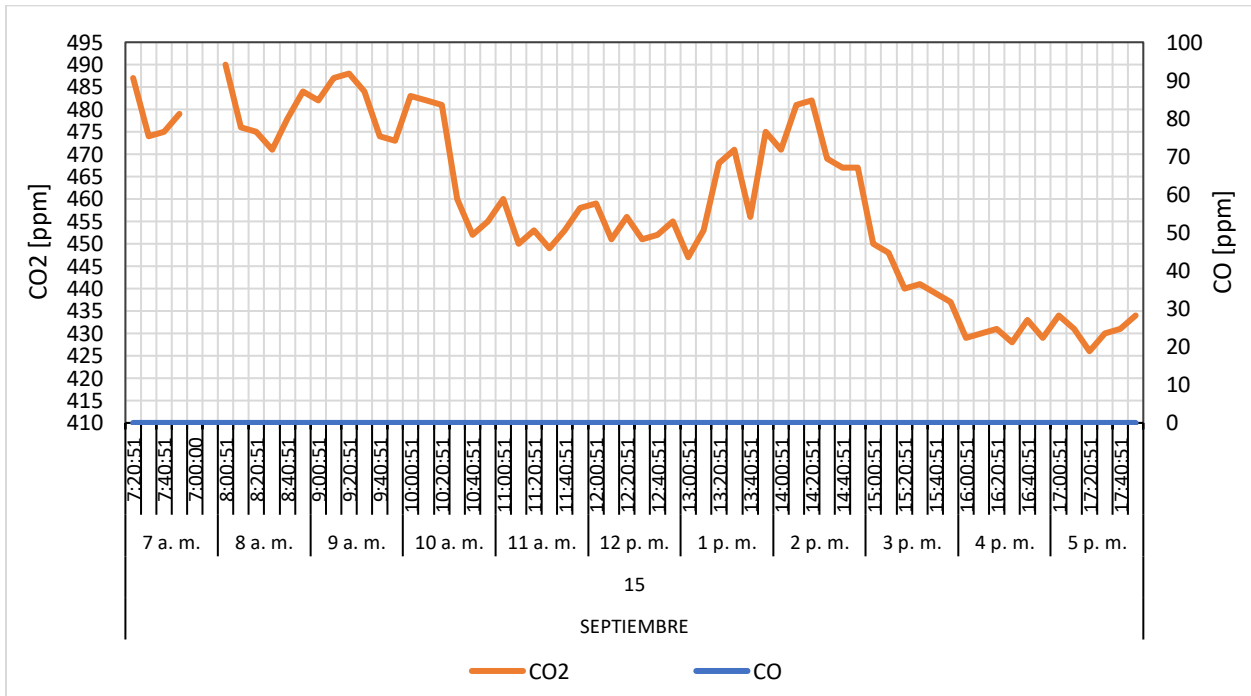


Figura A39

Concentración de CO y CO₂ para el 16 de septiembre de 2021

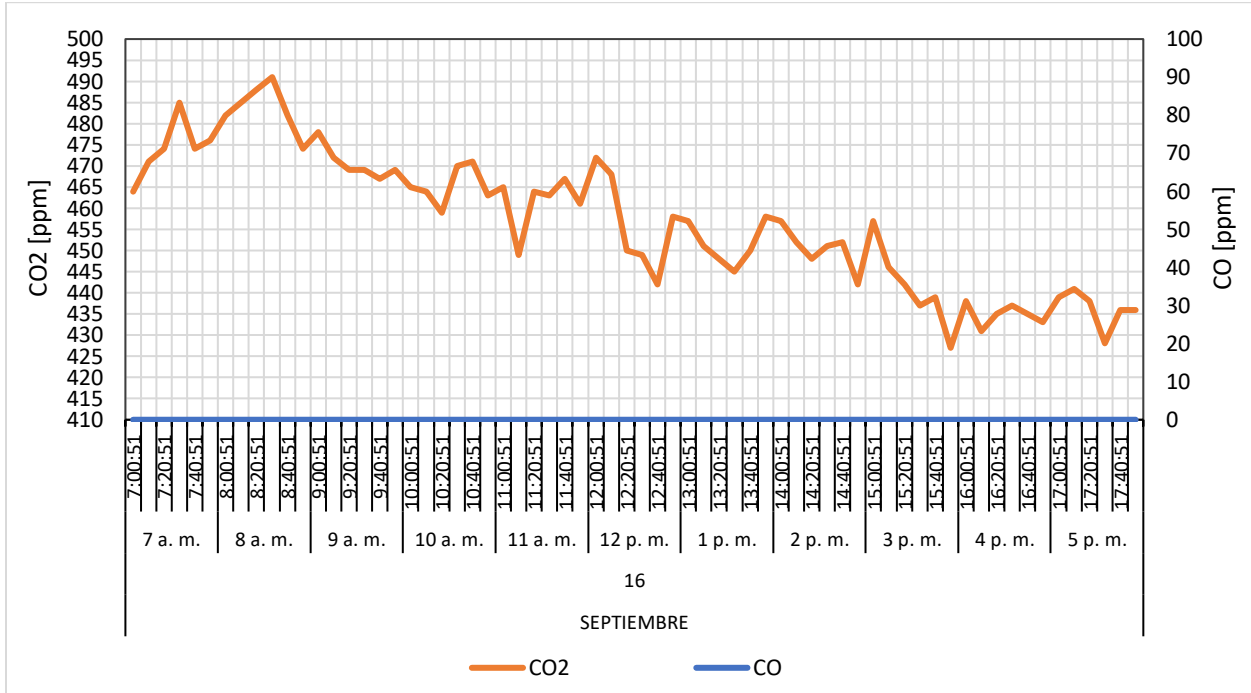


Figura A40

Concentración de CO y CO₂ para el 17 de septiembre de 2021

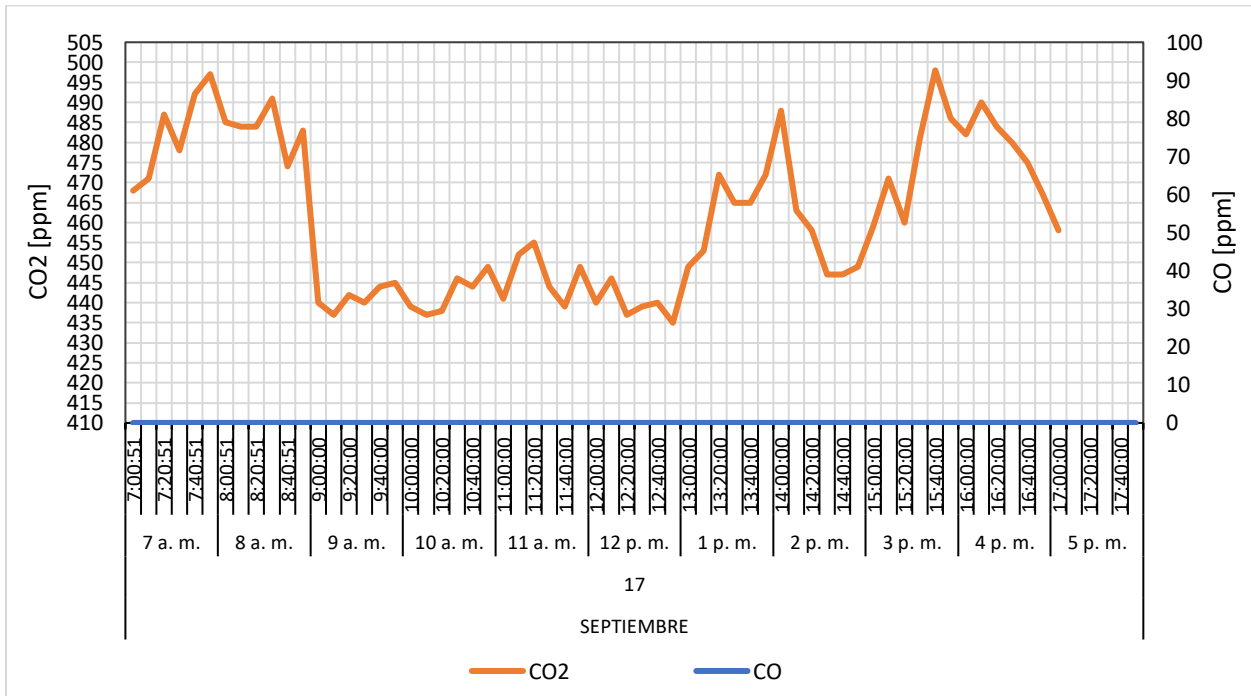


Figura A41

Concentración de CO y CO₂ para el 18 de septiembre de 2021

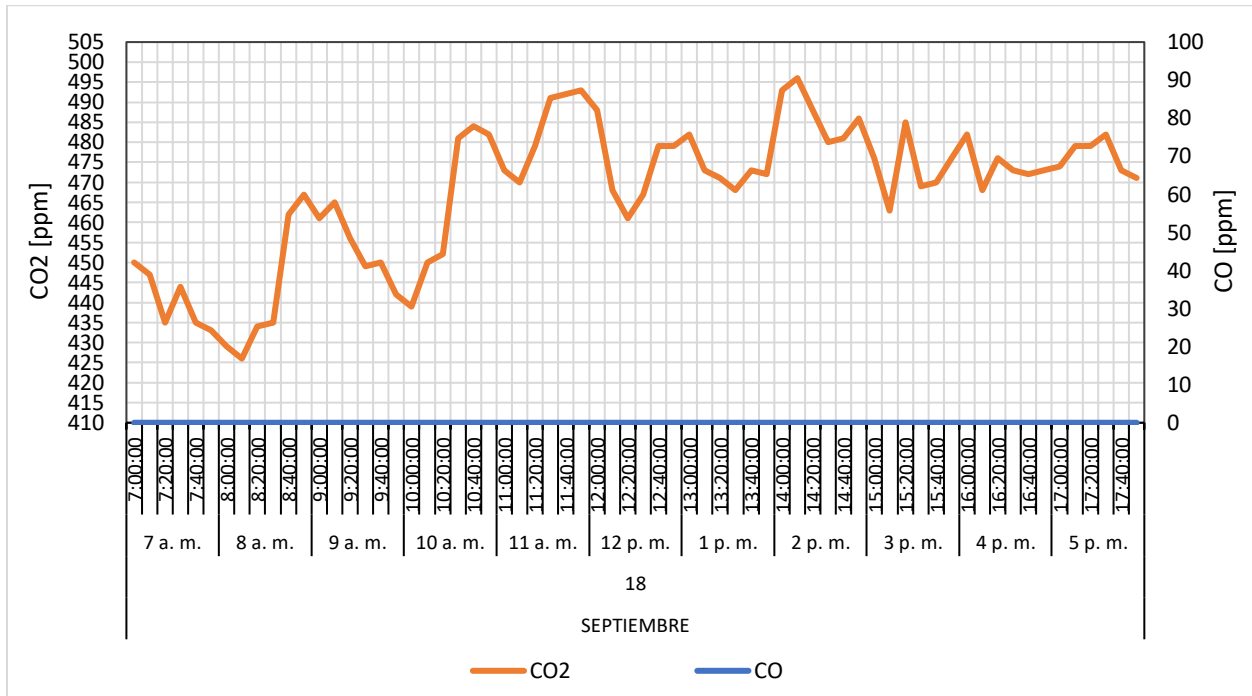


Figura A42

Concentración de CO y CO₂ para el 19 de septiembre de 2021

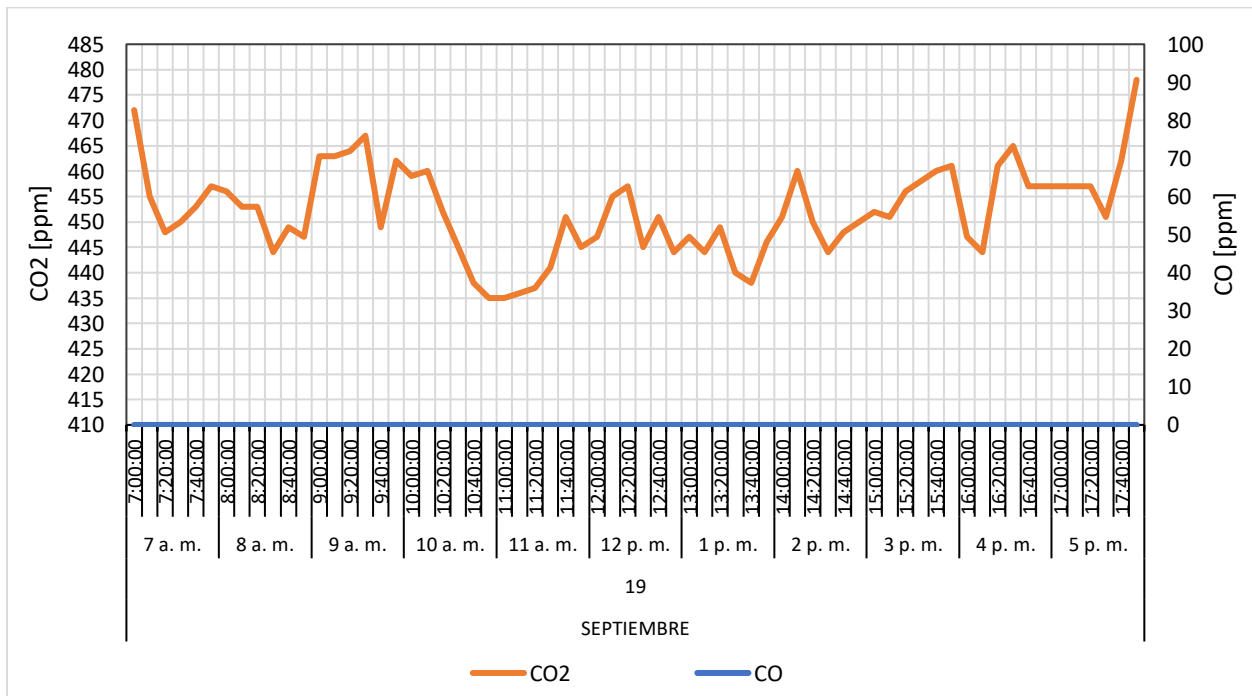


Figura A43

Concentración de CO y CO₂ para el 20 de septiembre de 2021

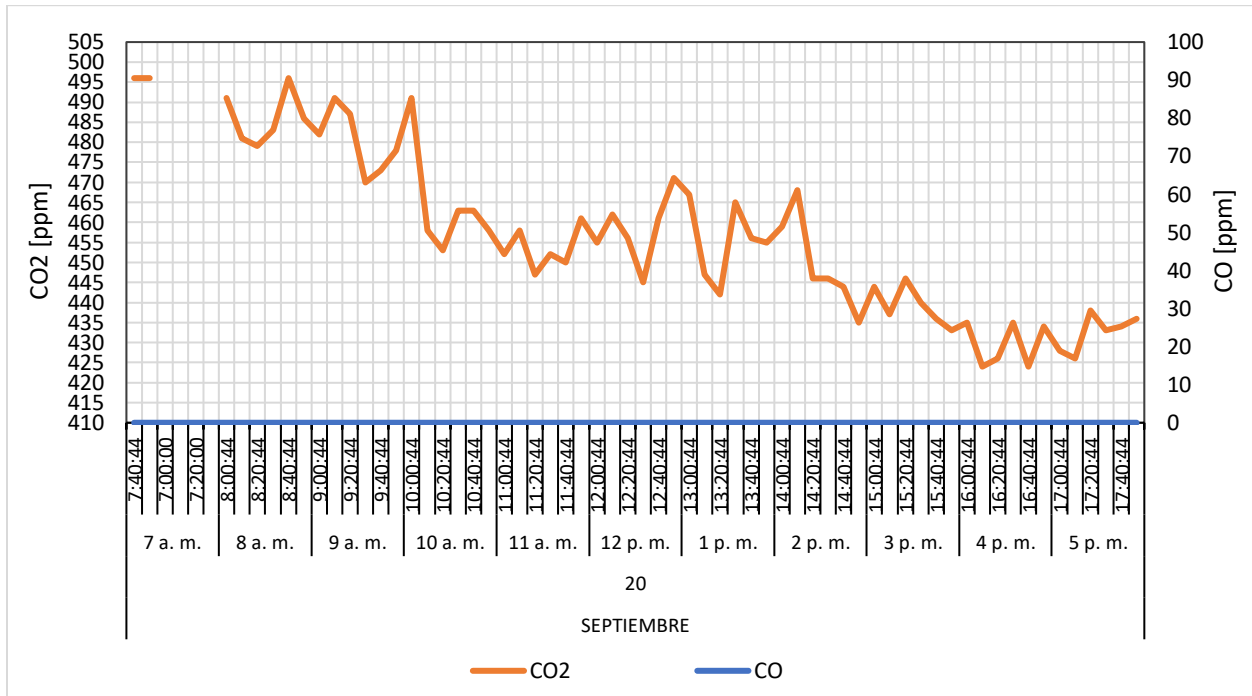


Figura A44

Concentración de CO y CO₂ para el 21 de septiembre de 2021

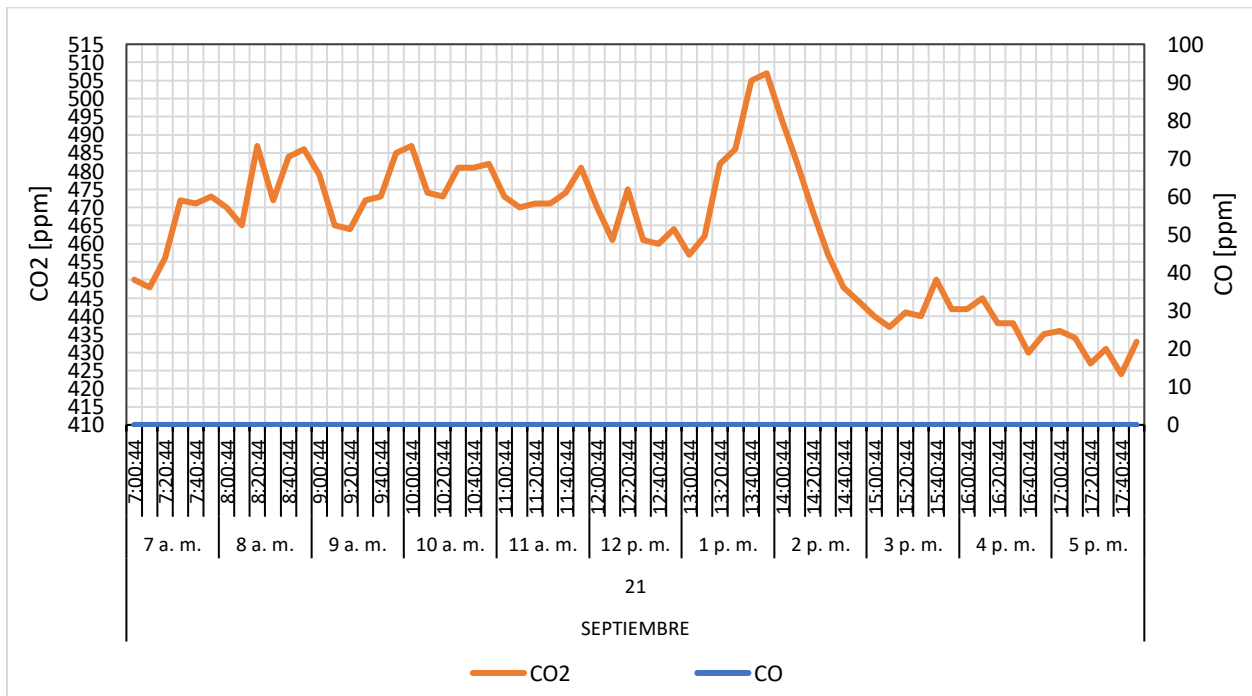


Figura A45

Concentración de CO y CO₂ para el 22 de septiembre de 2021

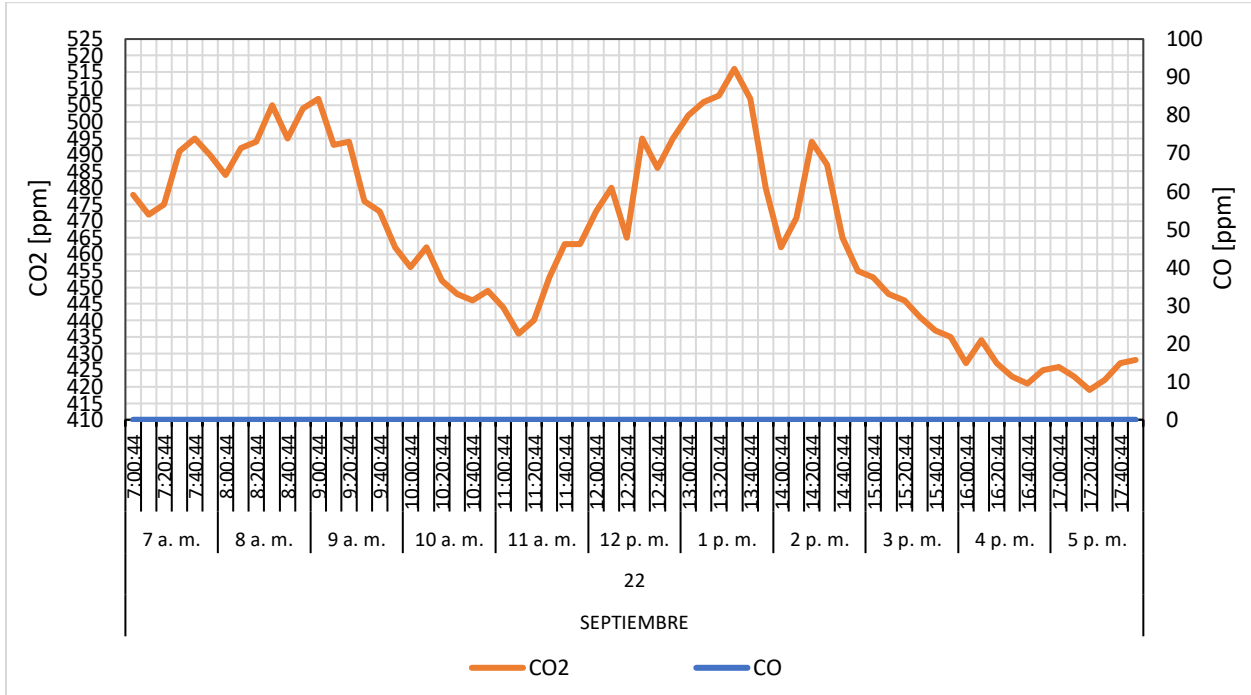


Figura A46

Concentración de CO y CO₂ para el 23 de septiembre de 2021

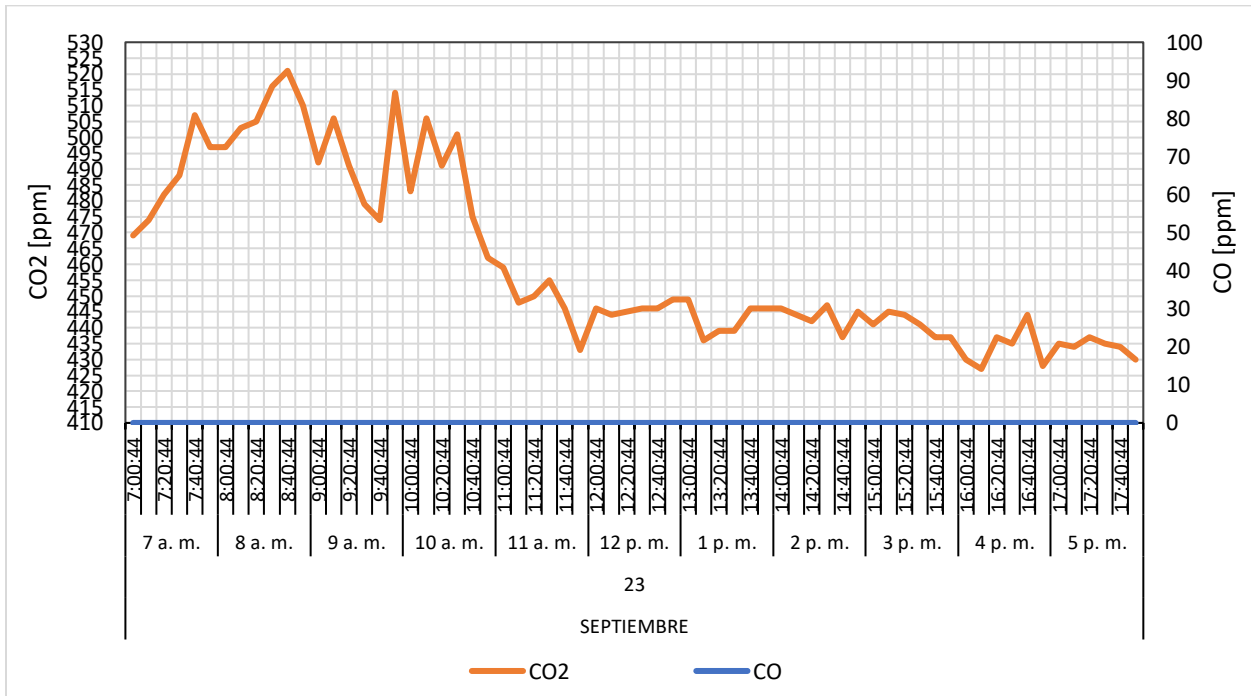


Figura A47

Concentración de CO y CO₂ para el 24 de septiembre de 2021

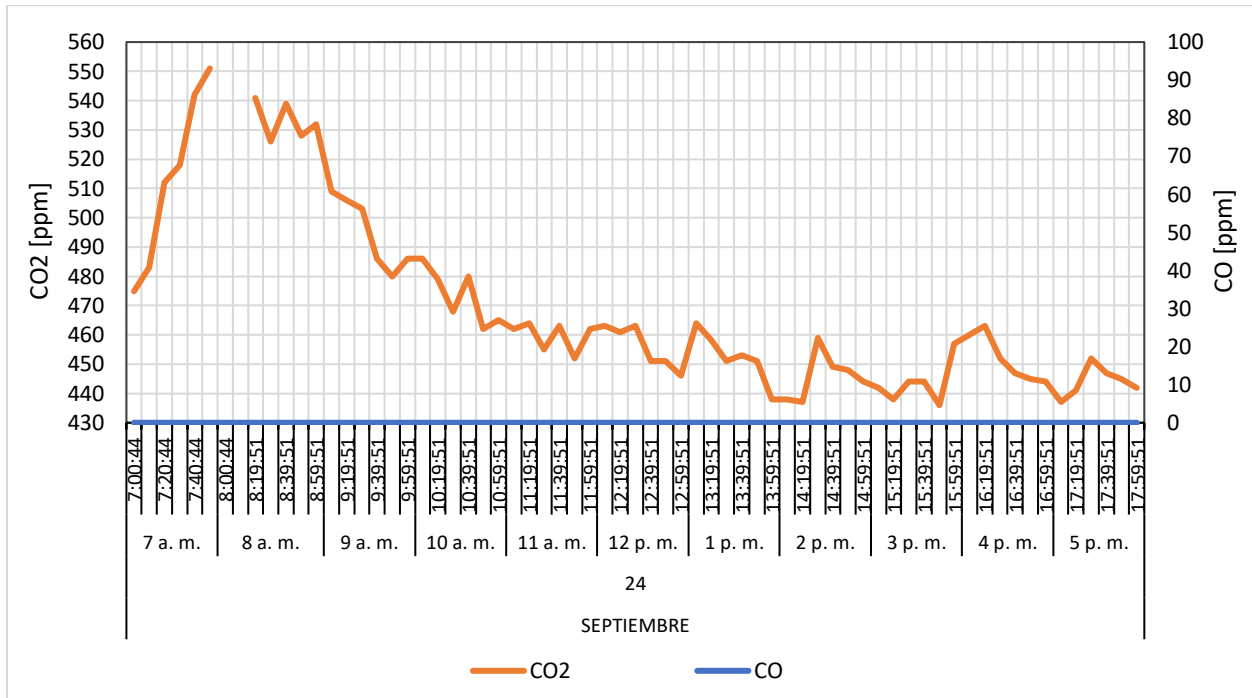


Figura A48

Concentración de CO y CO₂ para el 25 de septiembre de 2021

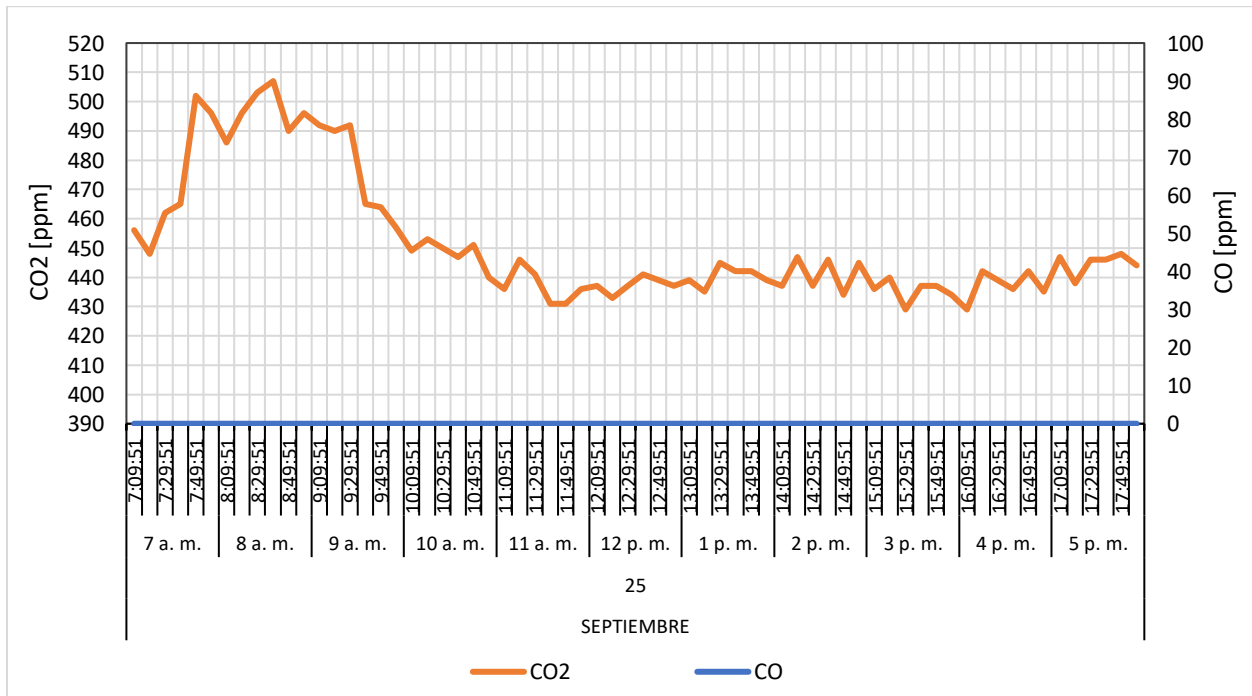


Figura A49

Concentración de CO y CO₂ para el 26 de septiembre de 2021

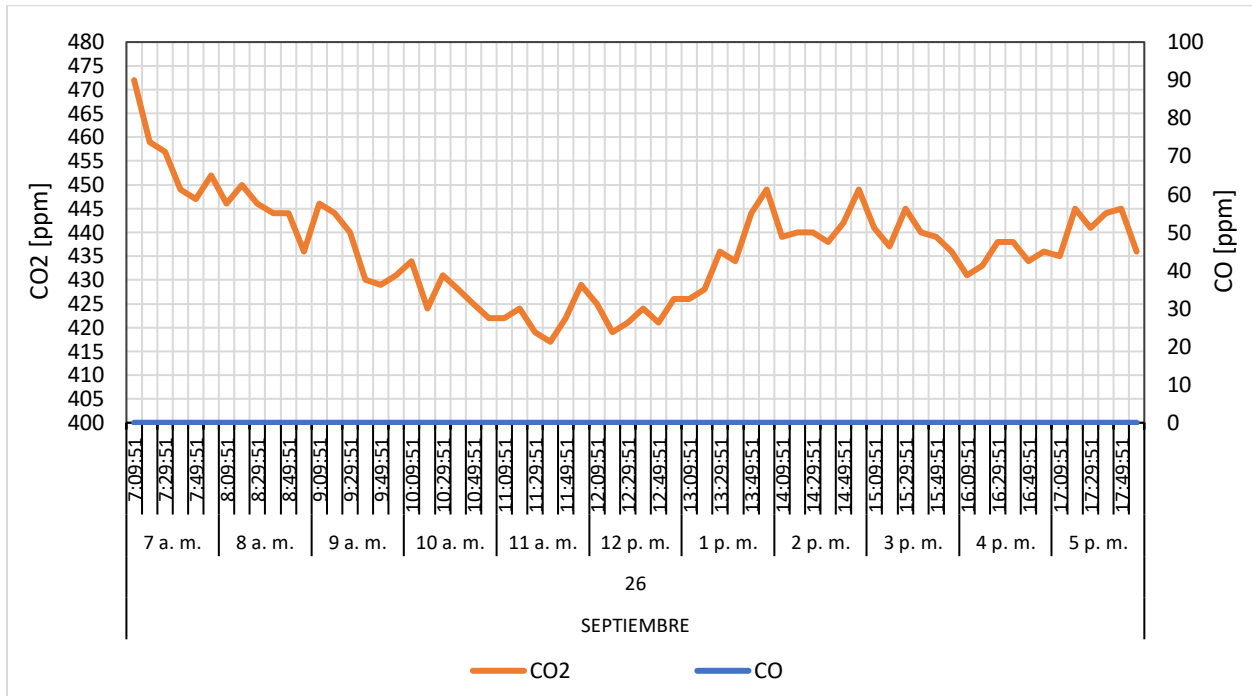


Figura A50

Concentración de CO y CO₂ para el 27 de septiembre de 2021

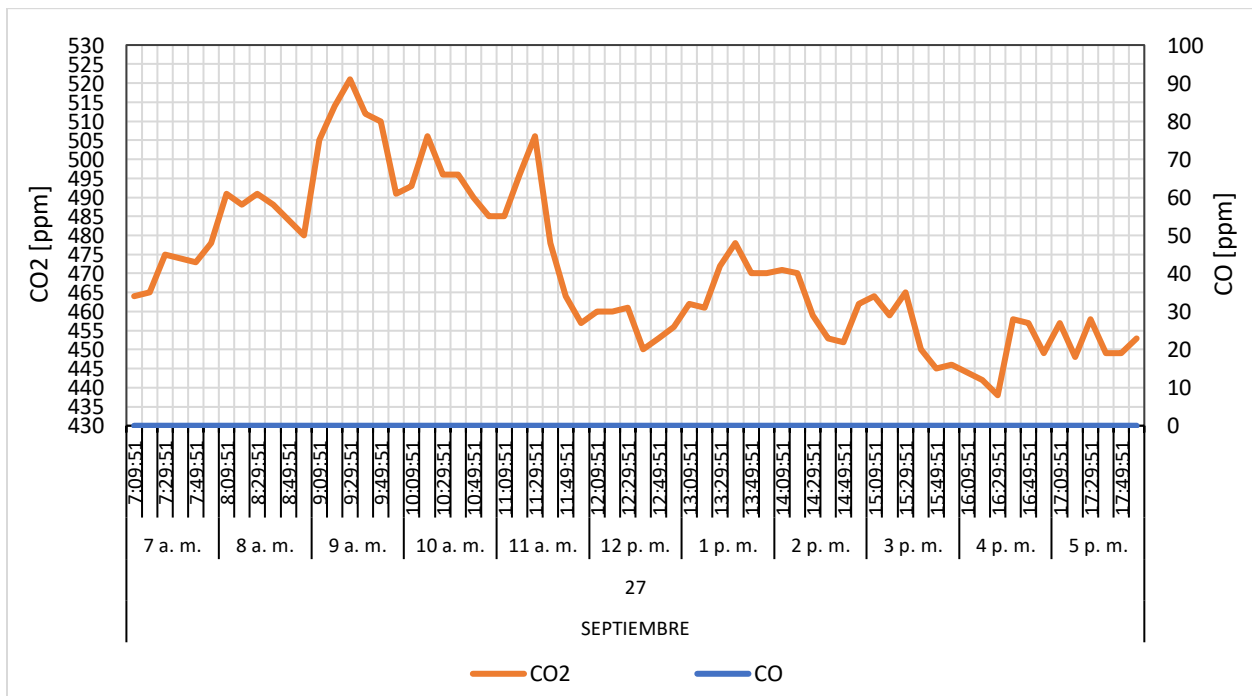


Figura A51

Concentración de CO y CO₂ para el 29 de septiembre de 2021

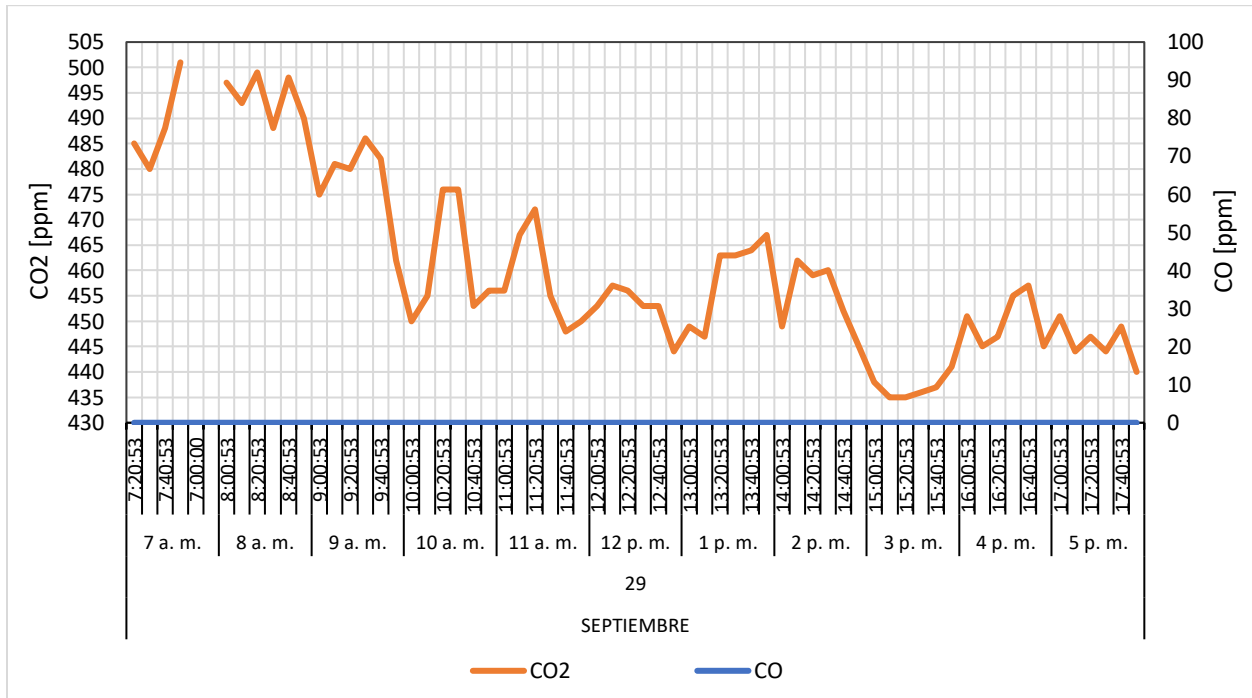


Figura A52

Concentración de CO y CO₂ para el 30 de septiembre de 2021

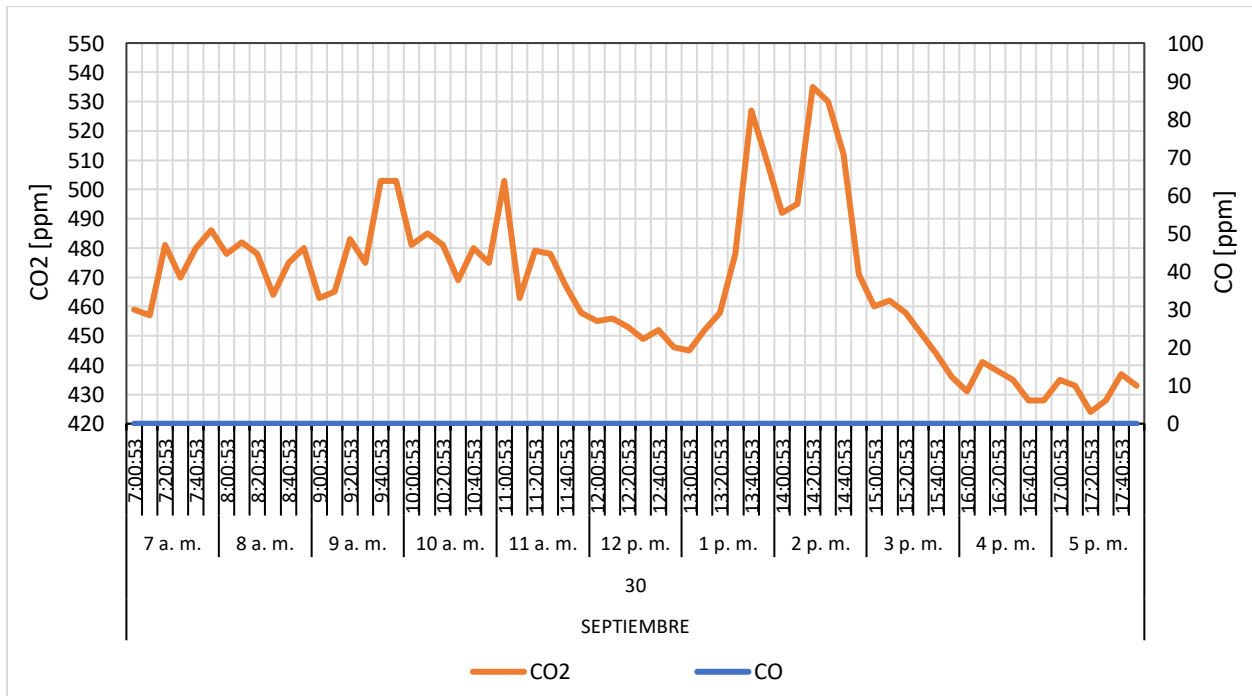


Figura A53

Concentración de CO y CO₂ para el 1 de octubre de 2021

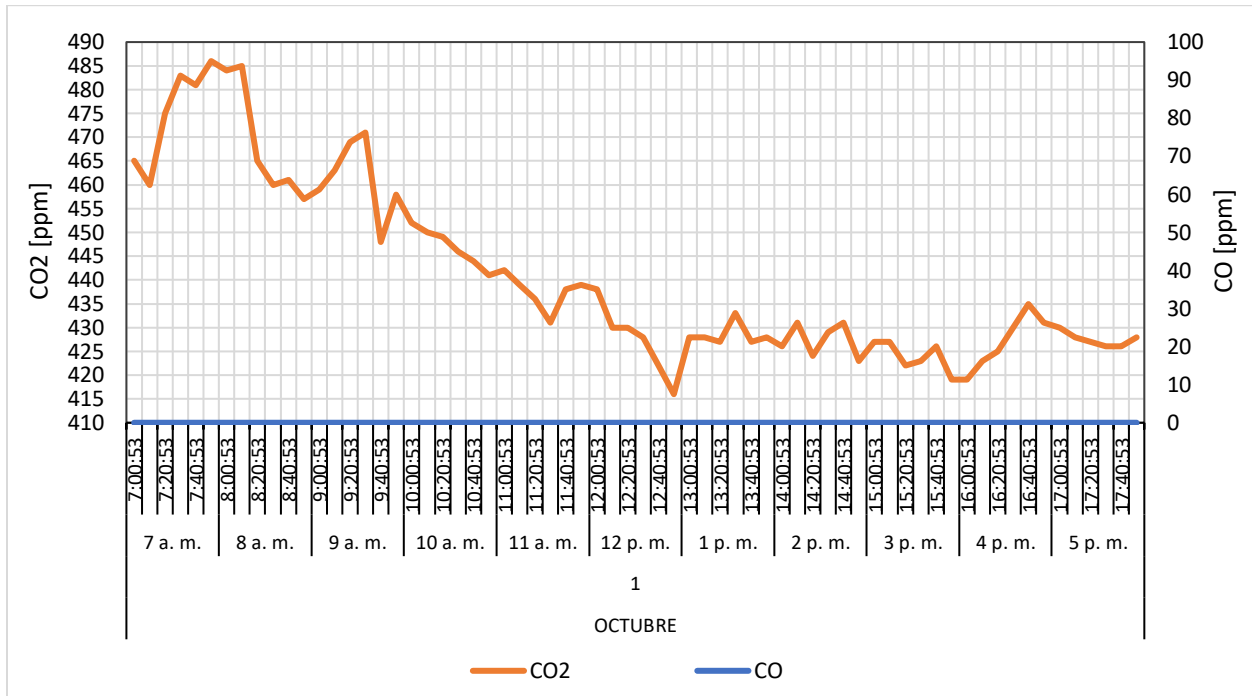


Figura A54

Concentración de CO y CO₂ para el 2 de octubre de 2021

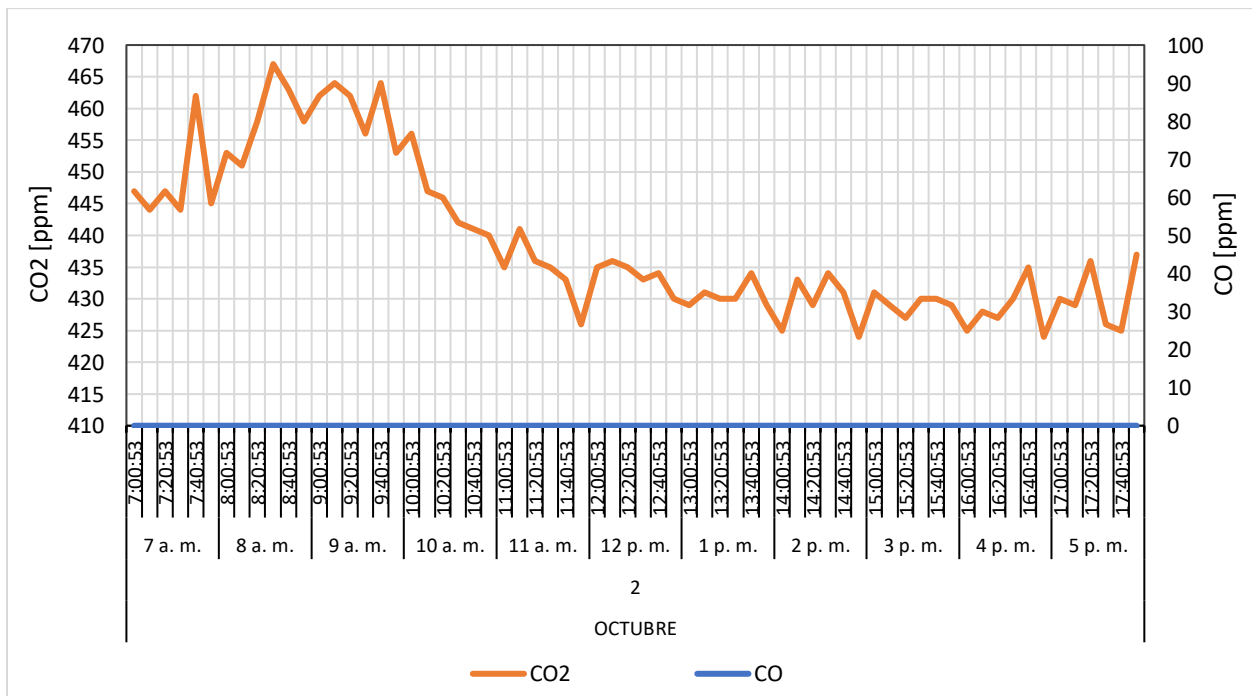


Figura A55

Concentración de CO y CO₂ para el 4 de octubre de 2021

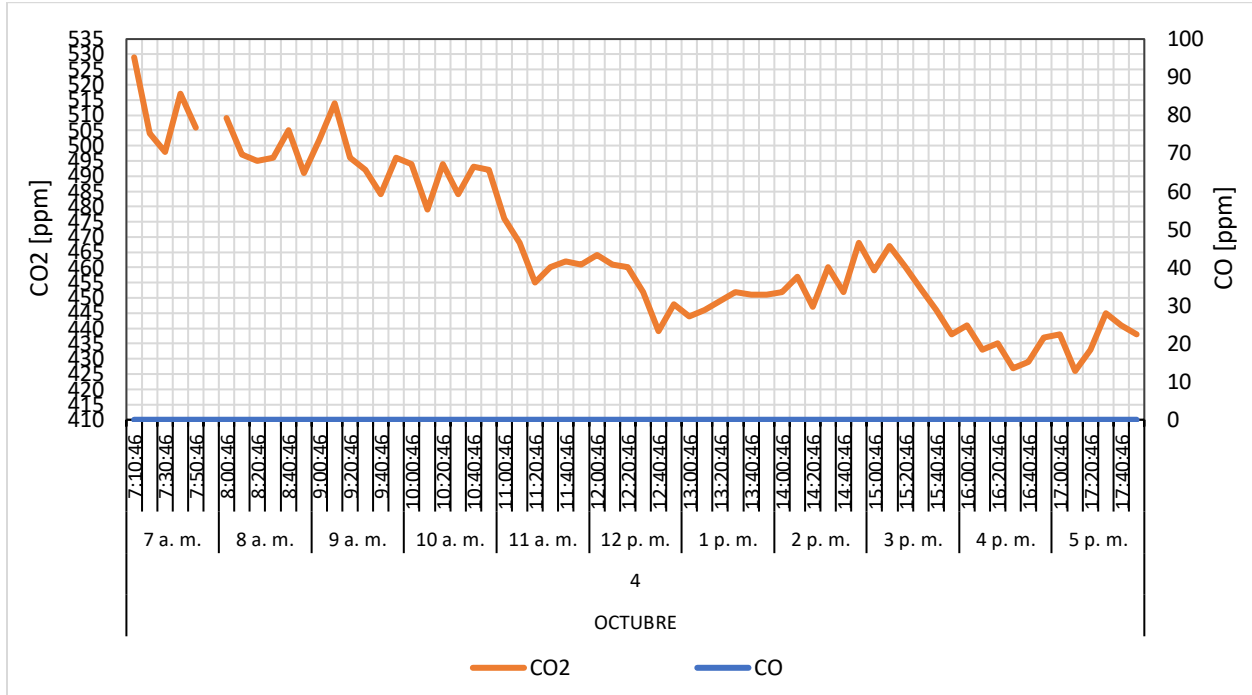


Figura A56

Concentración de CO y CO₂ para el 5 de octubre de 2021

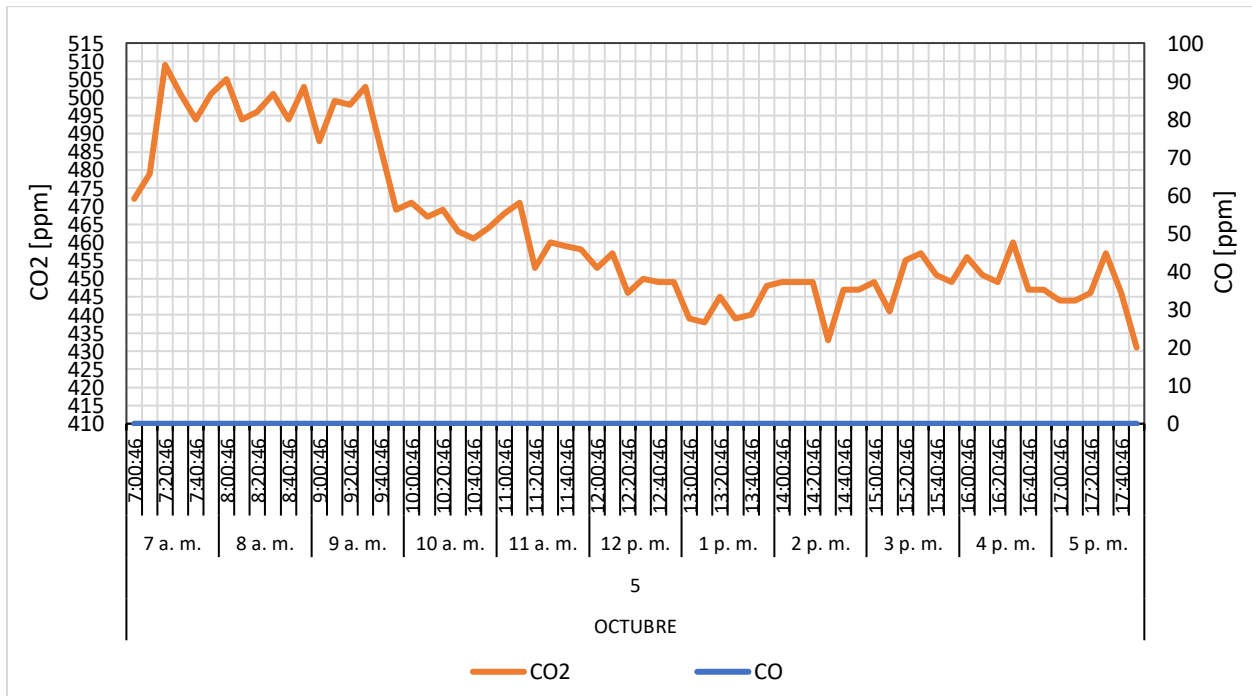


Figura A57

Concentración de CO y CO2 para el 6 de octubre de 2021

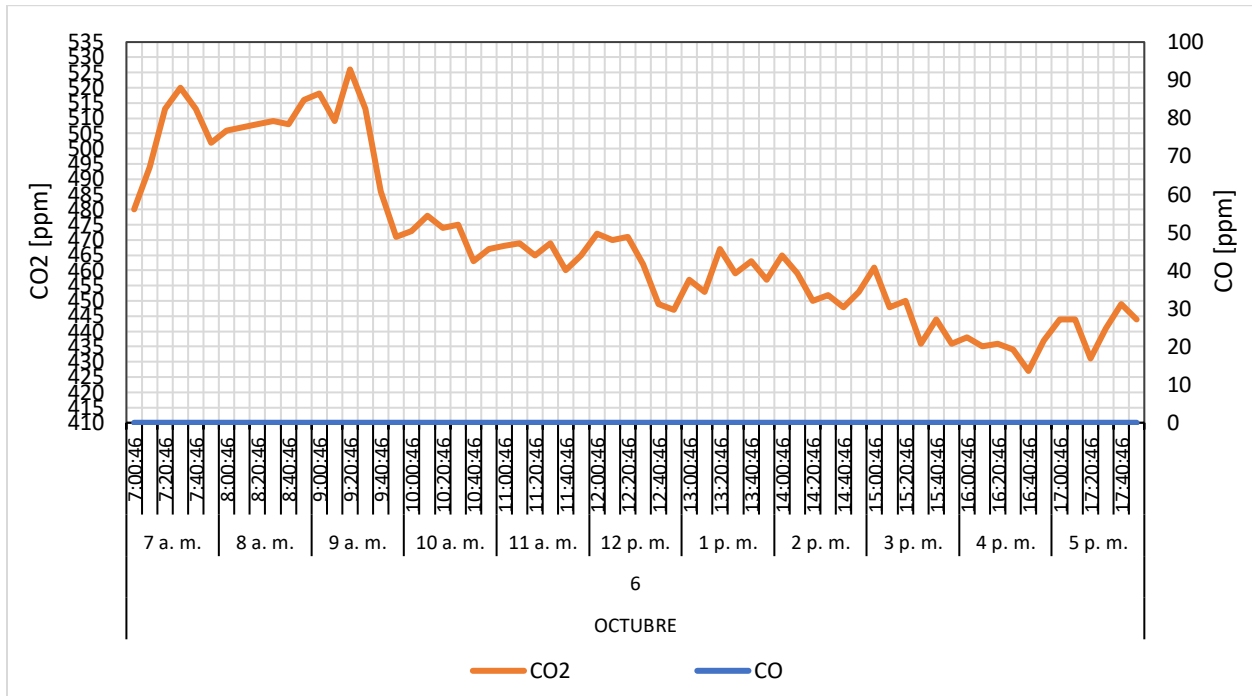
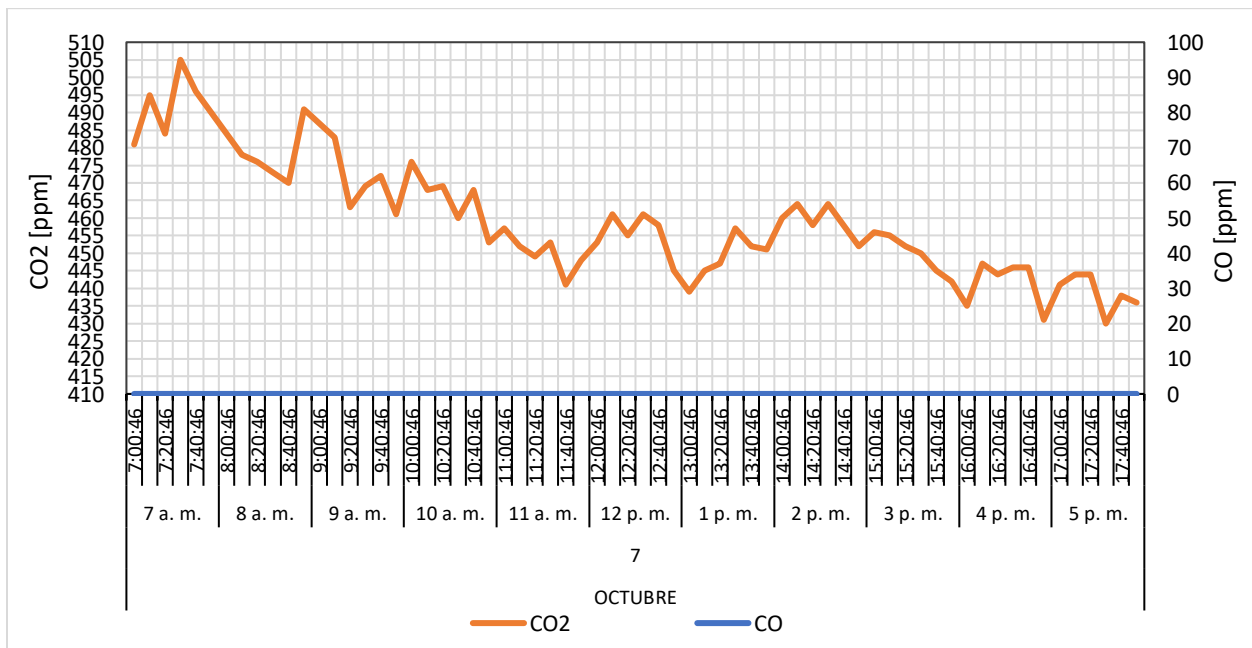


Figura A58

Concentración de CO y CO2 para el 7 de octubre de 2021



A.3. Velocidad del aire

Figura A59

Velocidad del aire para el 8, 9, 10, 11 y 12 de septiembre de 2021

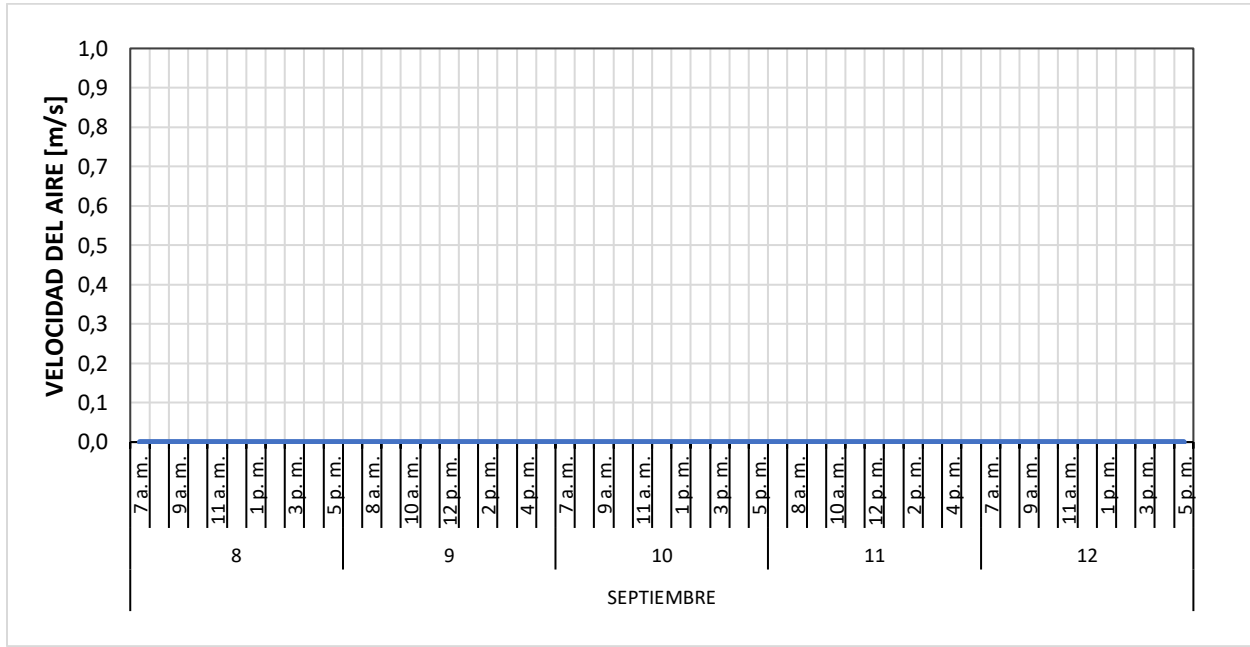


Figura A60

Velocidad del aire para el 13, 14, 15, 16 y 17 de septiembre de 2021

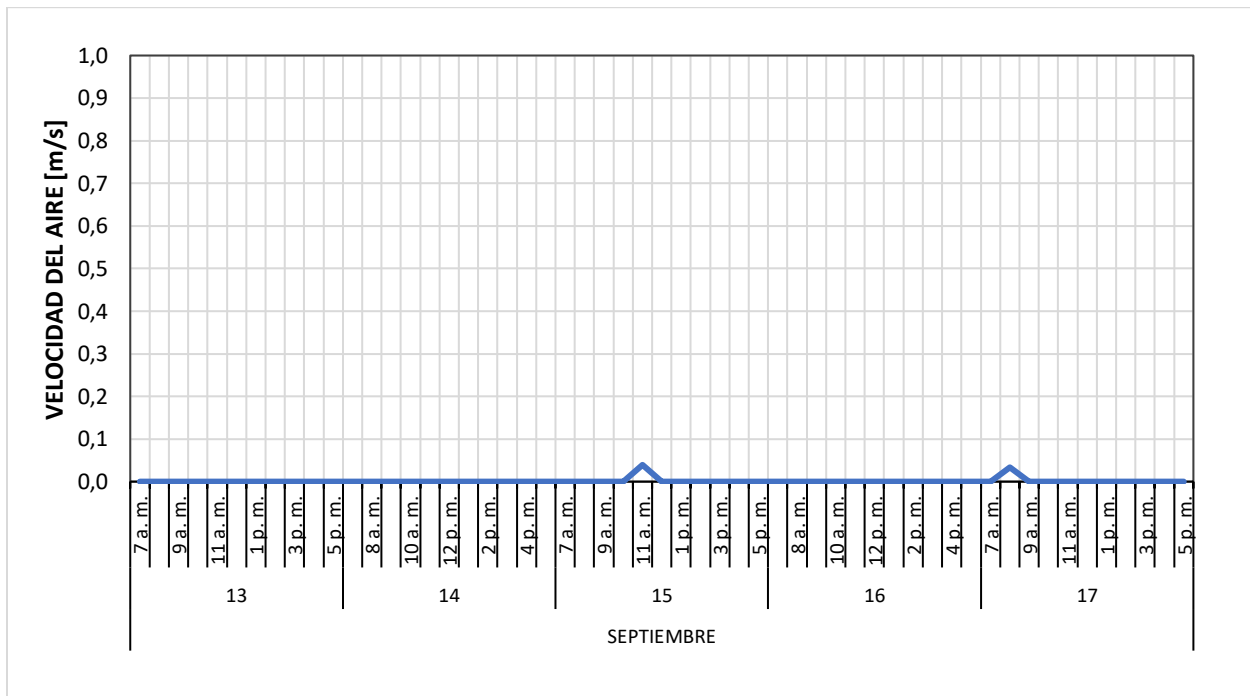


Figura A61

Velocidad del aire para el 18, 19, 20, 21 y 22 de septiembre de 2021

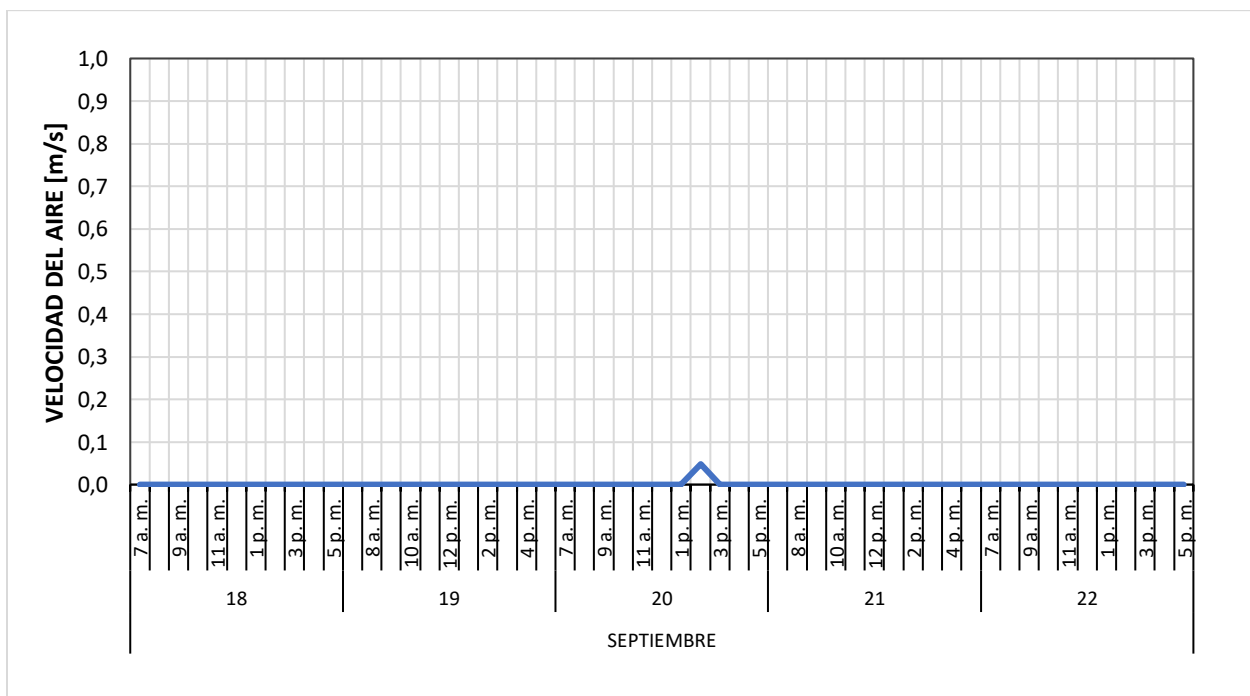


Figura A62

Velocidad del aire para el 23, 24, 25, 26 y 27 de septiembre de 2021

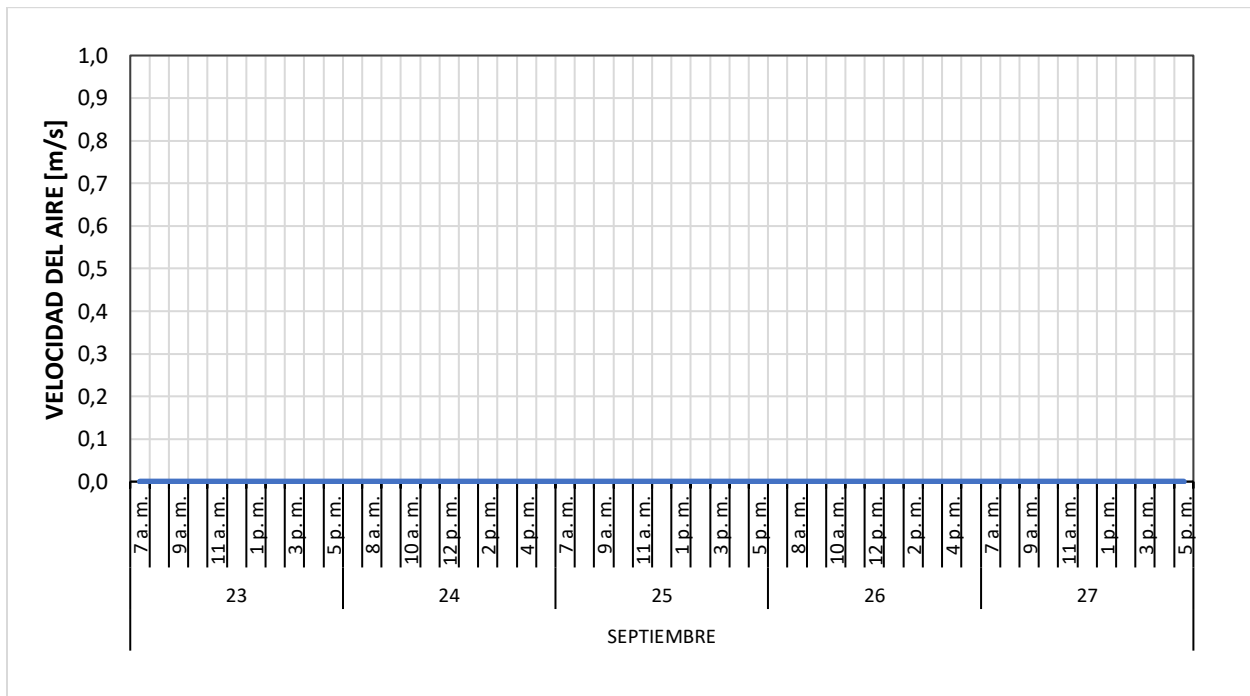
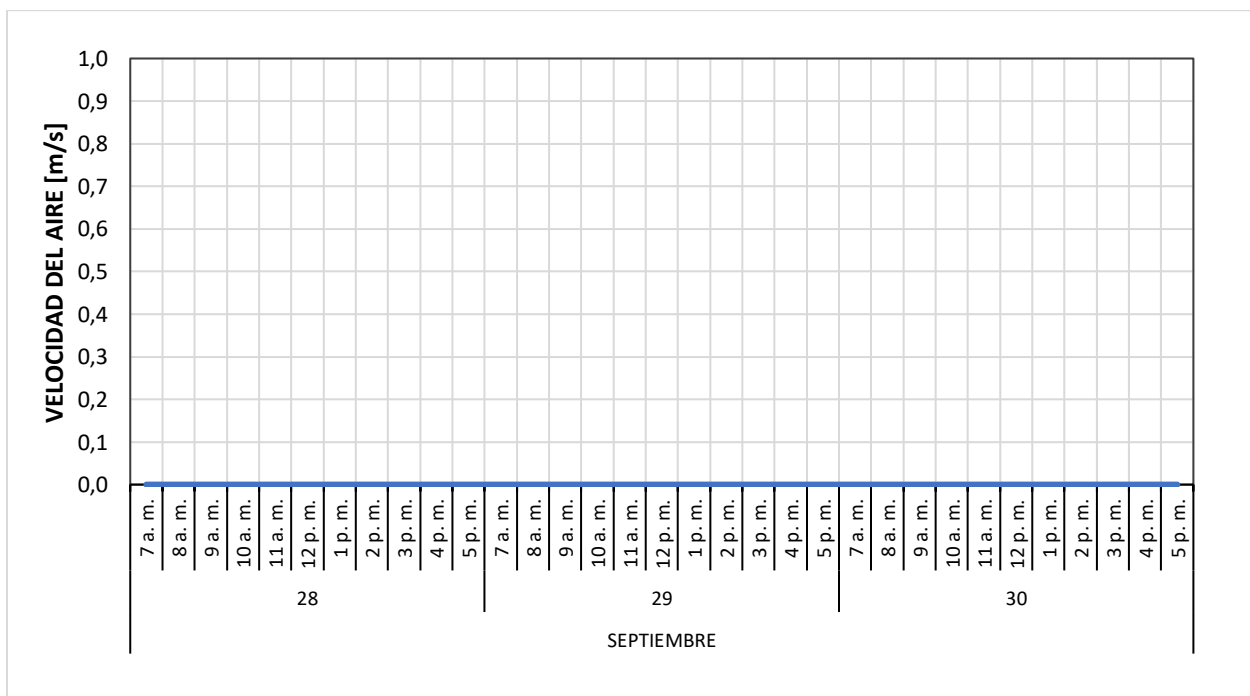


Figura A63

Velocidad del aire para el 28, 29 y 30 de septiembre de 2021



A.4. Material particulado

Figura A66

Material particulado para el 8 de septiembre de 2021

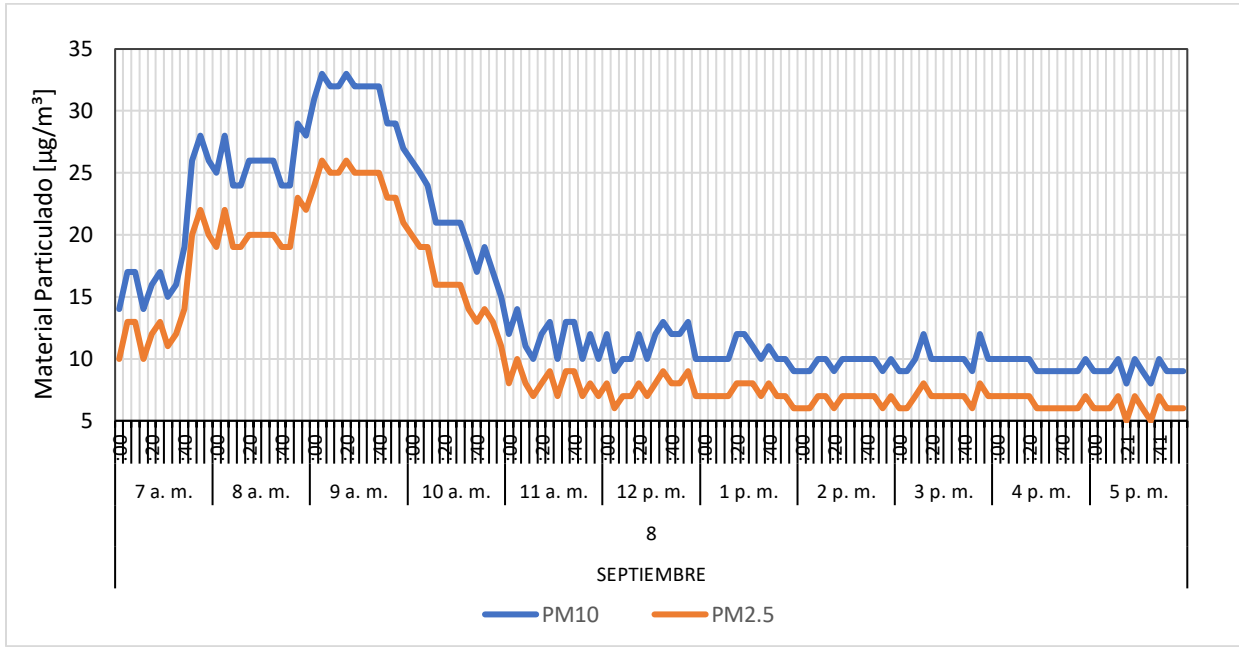


Figura A67

Material particulado para el 9 de septiembre de 2021

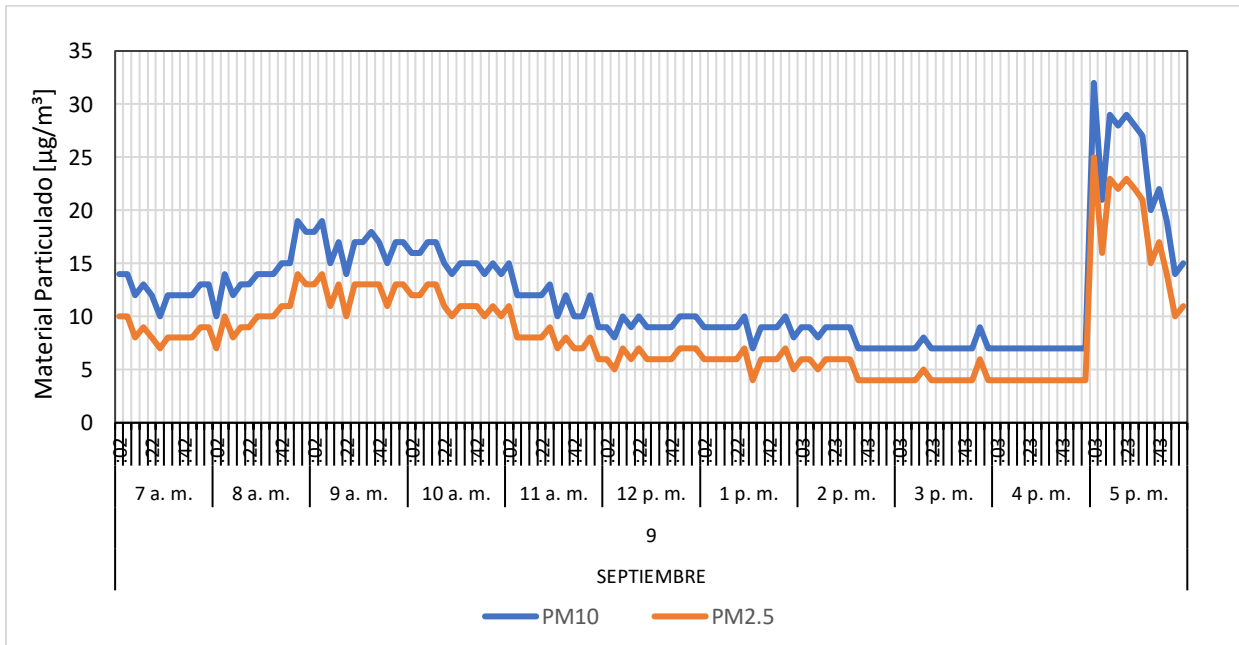


Figura A68

Material particulado para el 10 de septiembre de 2021

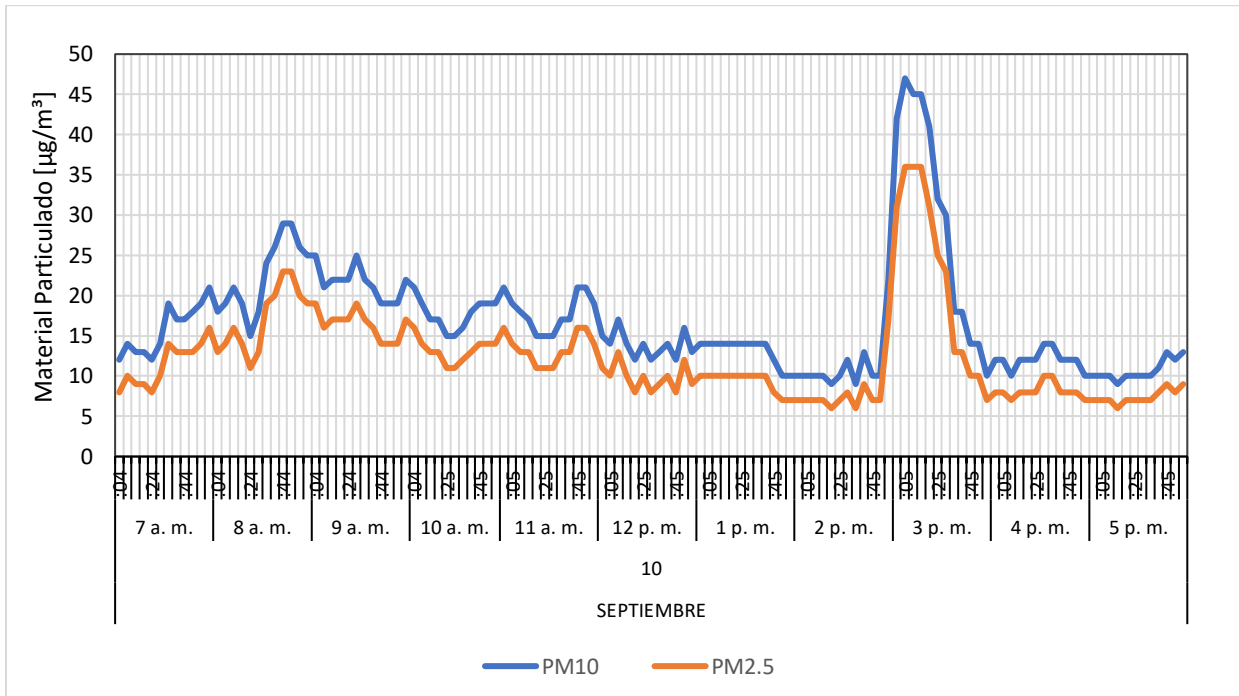


Figura A69

Material particulado para el 11 de septiembre de 2021

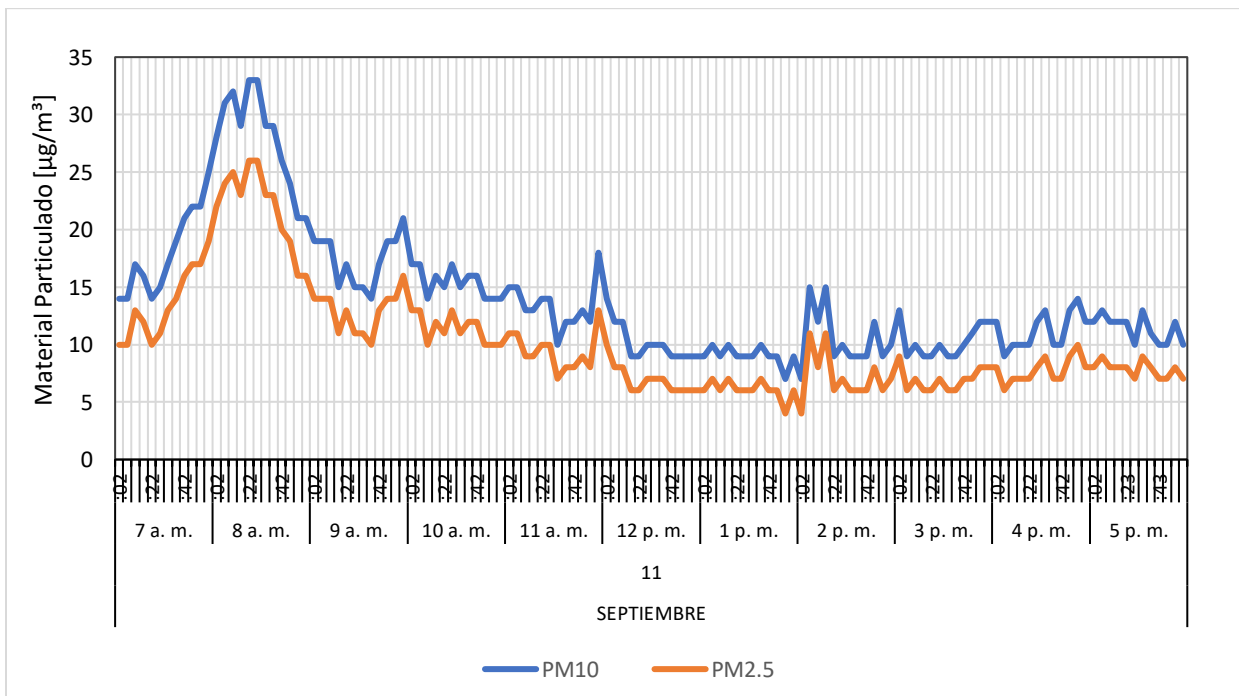


Figura A70

Material particulado para el 12 de septiembre de 2021

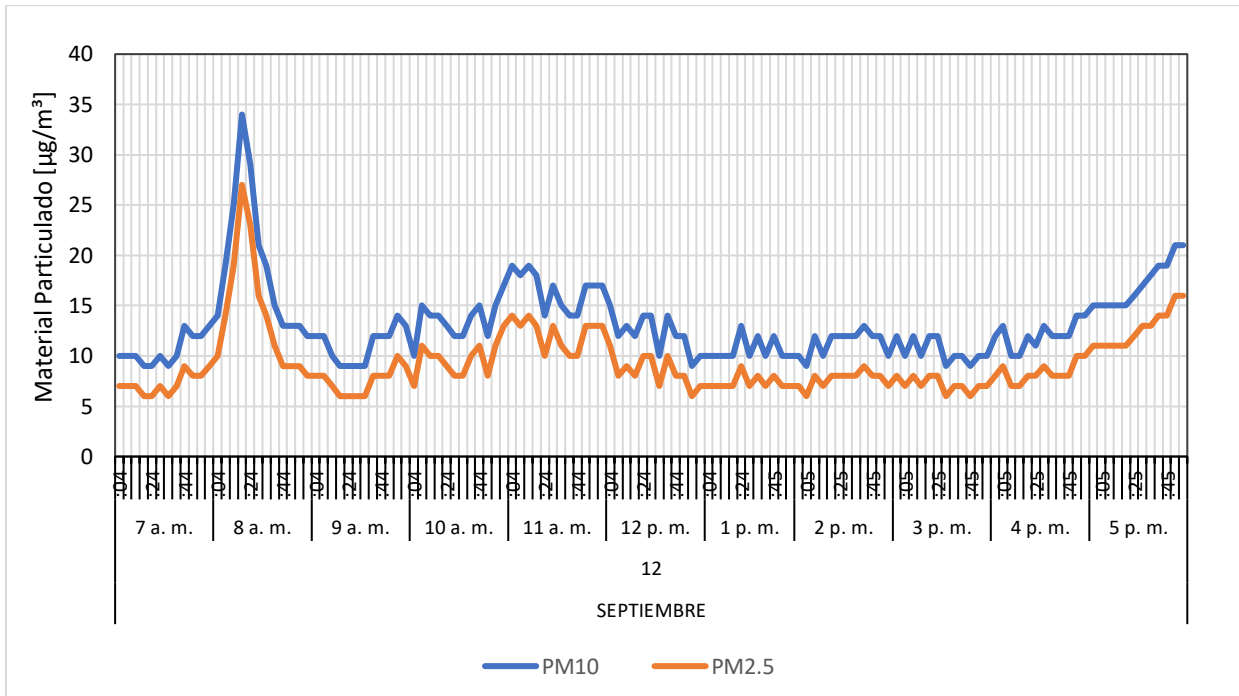


Figura A71

Material particulado para el 13 de septiembre de 2021

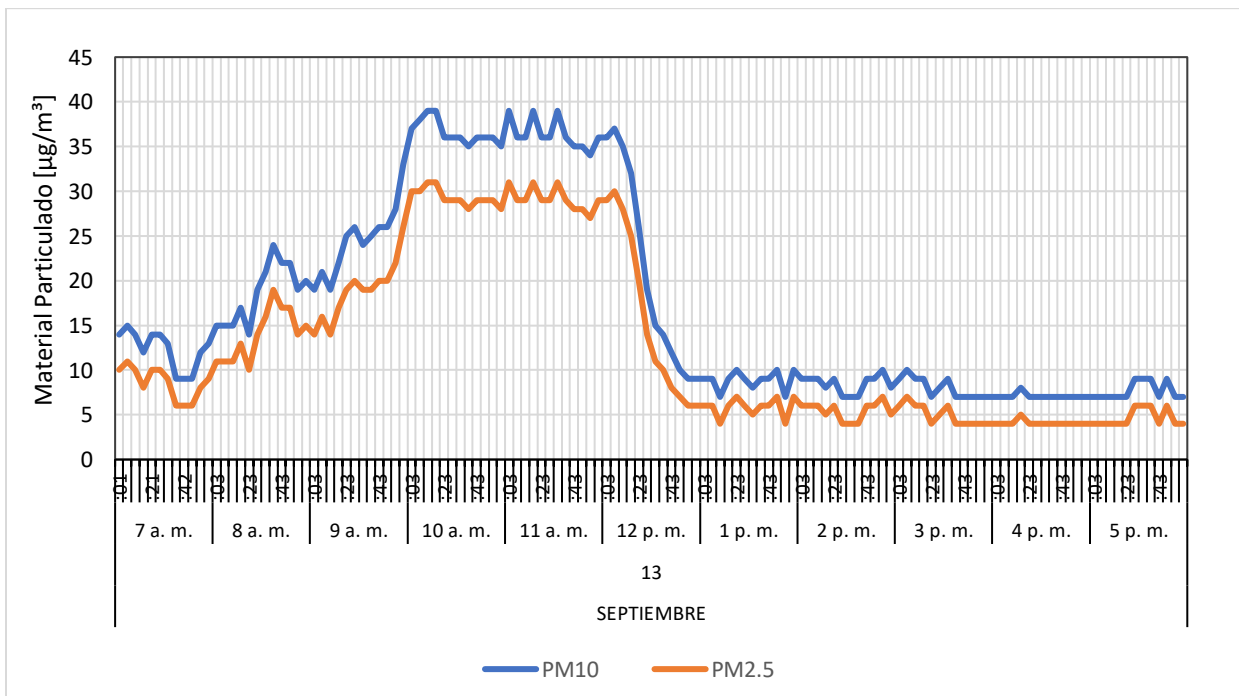


Figura A72

Material particulado para el 14 de septiembre de 2021

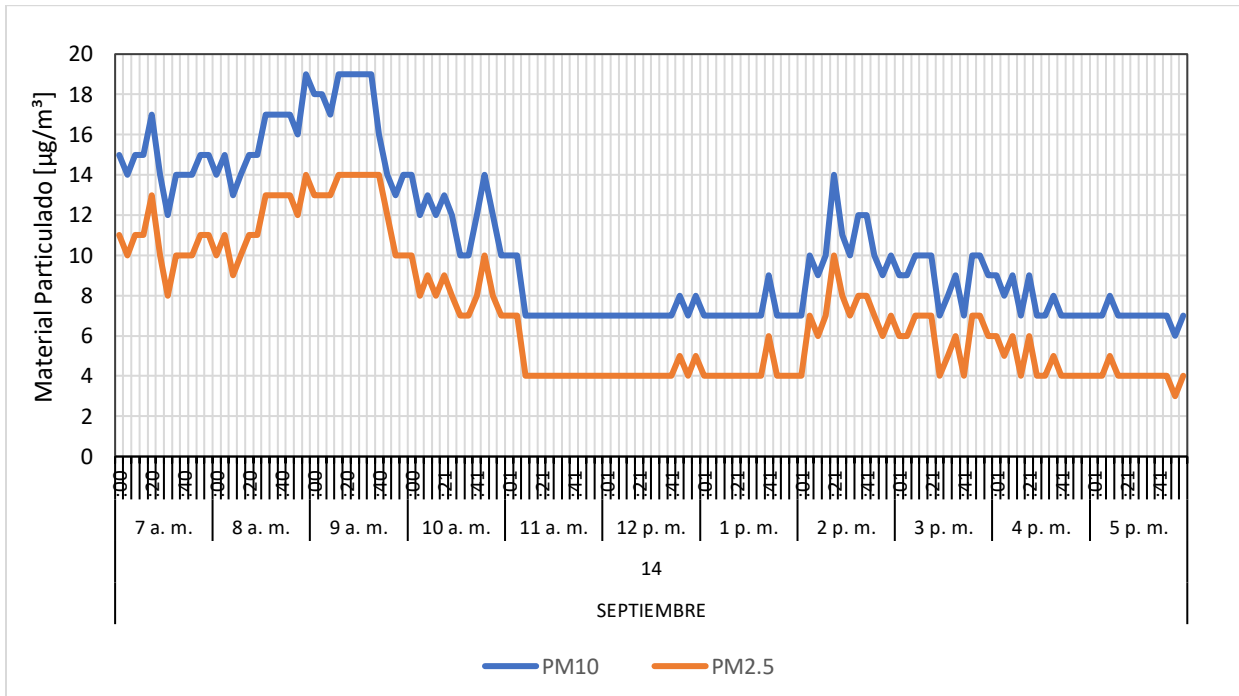


Figura A73

Material particulado para el 15 de septiembre de 2021

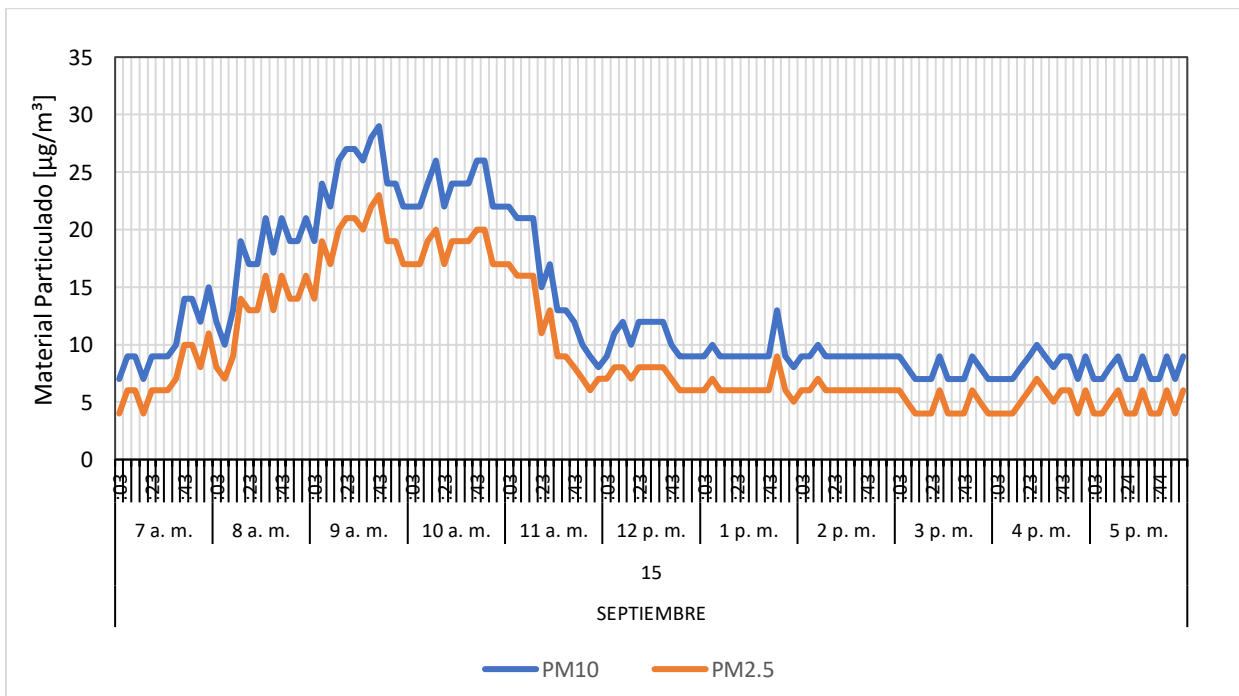


Figura A74

Material particulado para el 16 de septiembre de 2021

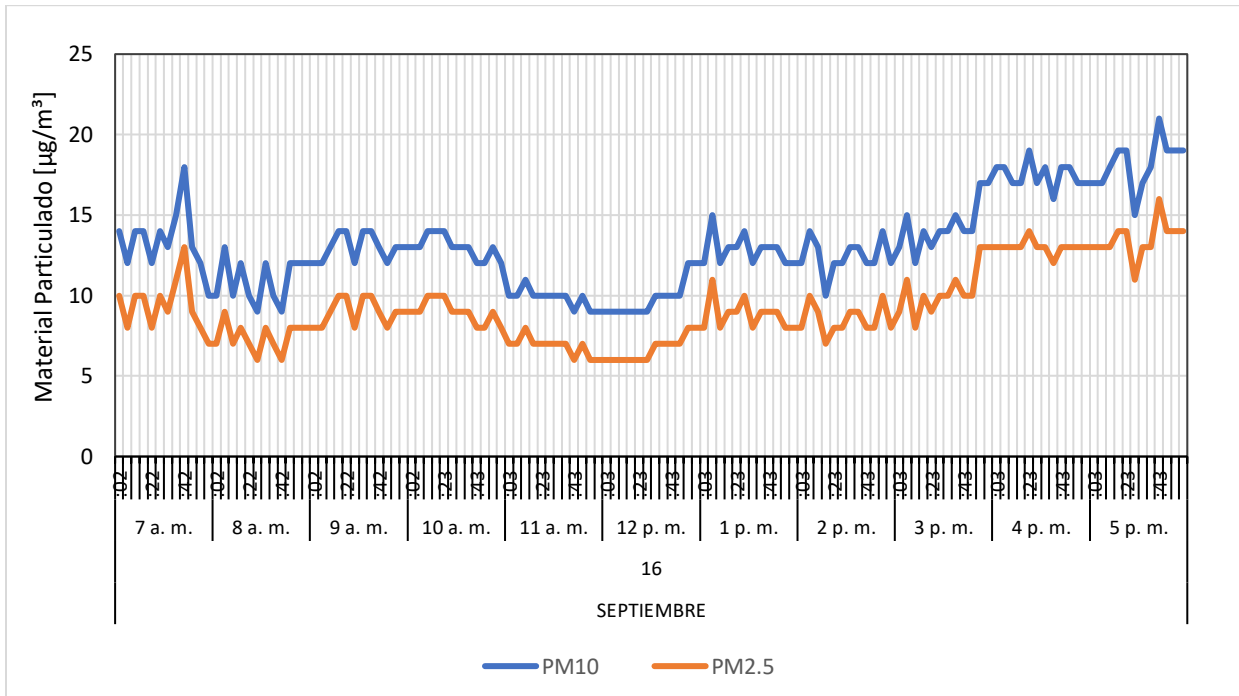


Figura A75

Material particulado para el 17 de septiembre de 2021

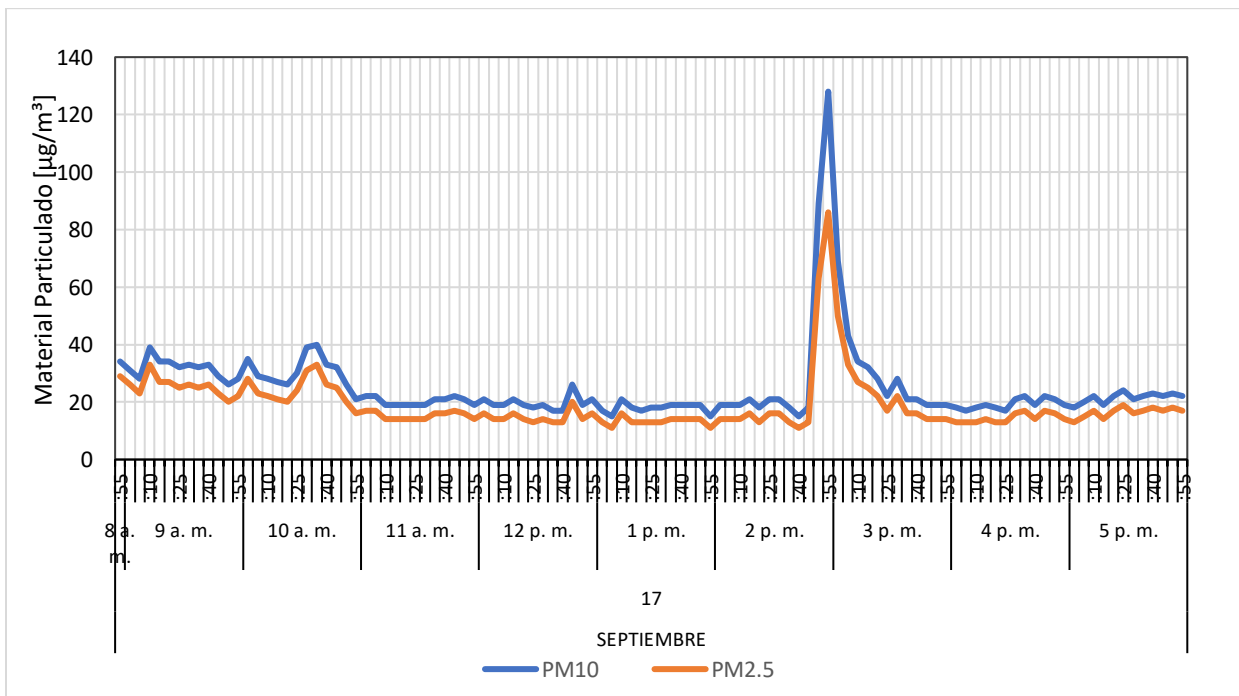


Figura A76

Material particulado para el 18 de septiembre de 2021

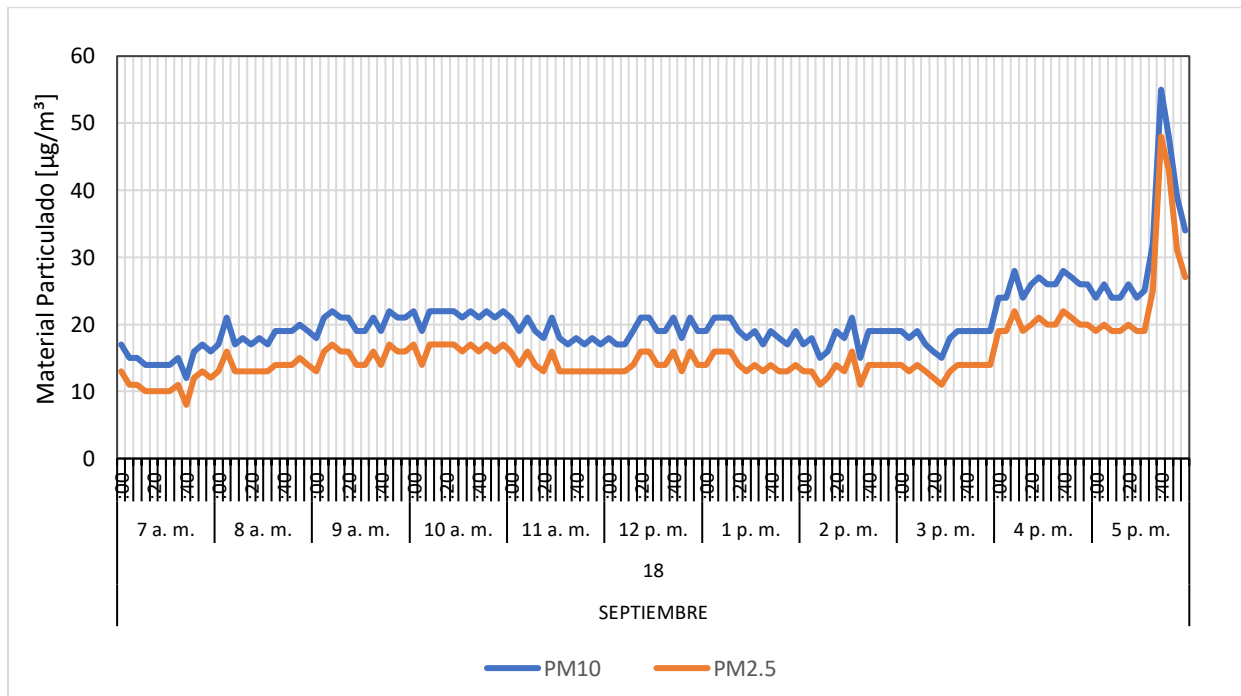


Figura A77

Material particulado para el 19 de septiembre de 2021

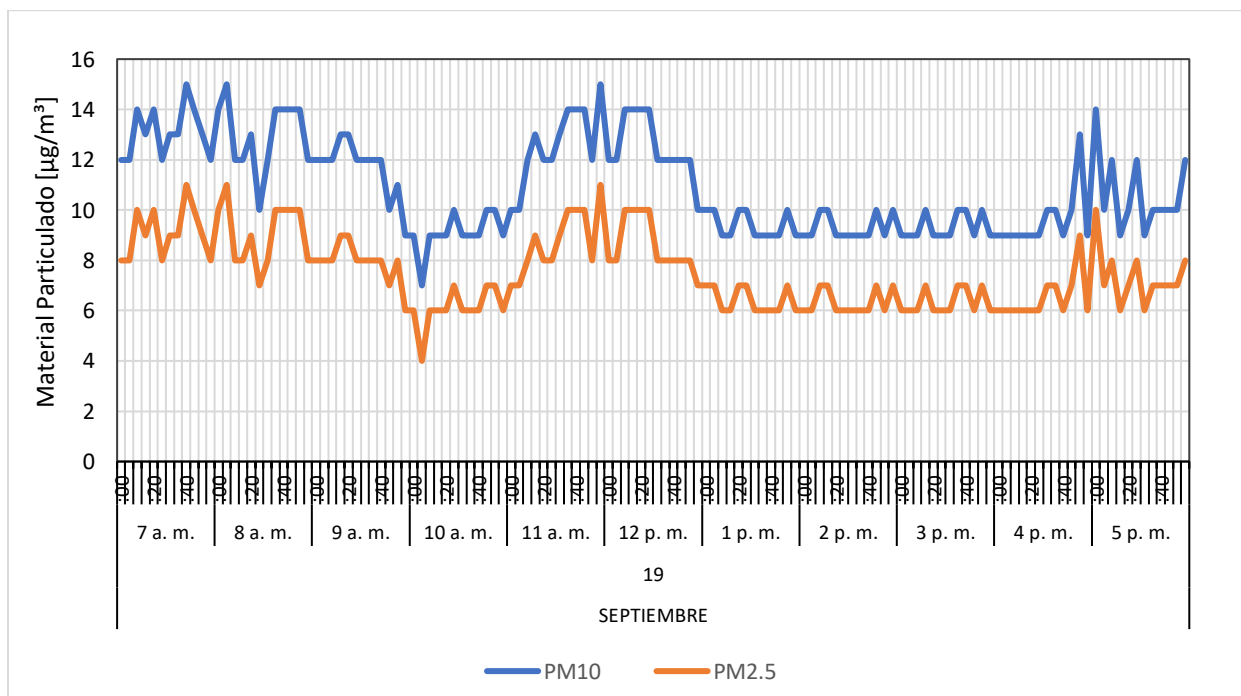


Figura A78

Material particulado para el 20 de septiembre de 2021

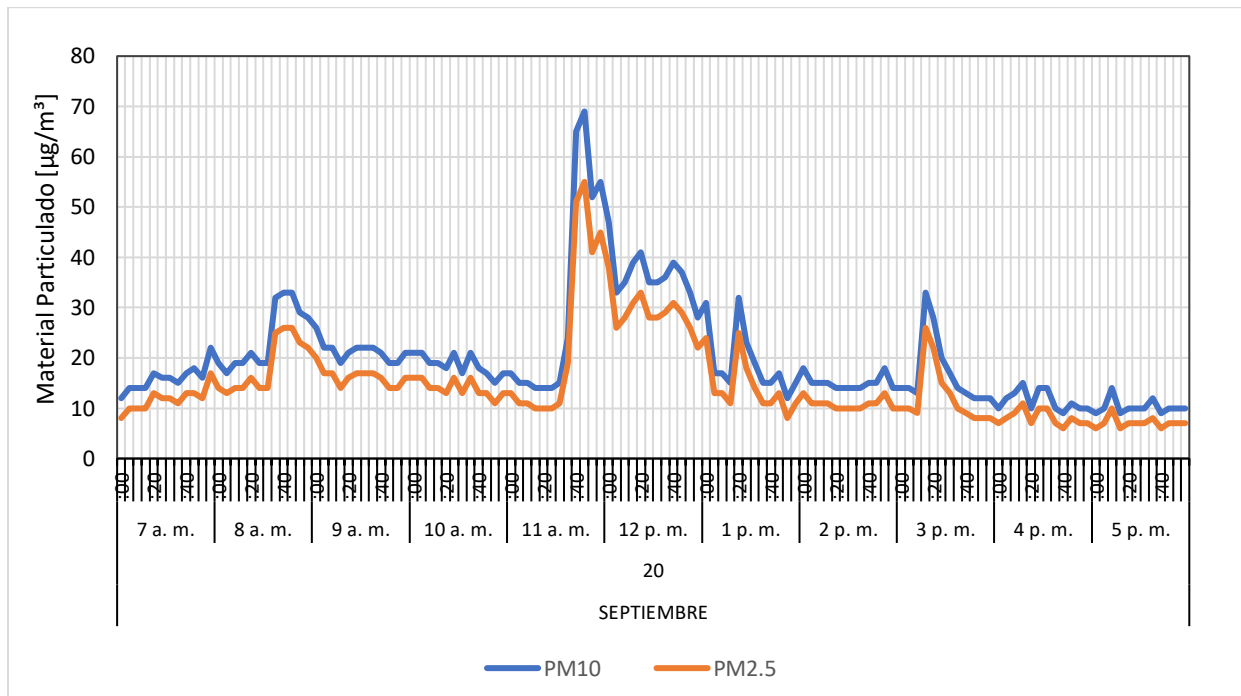


Figura A79

Material particulado para el 21 de septiembre de 2021

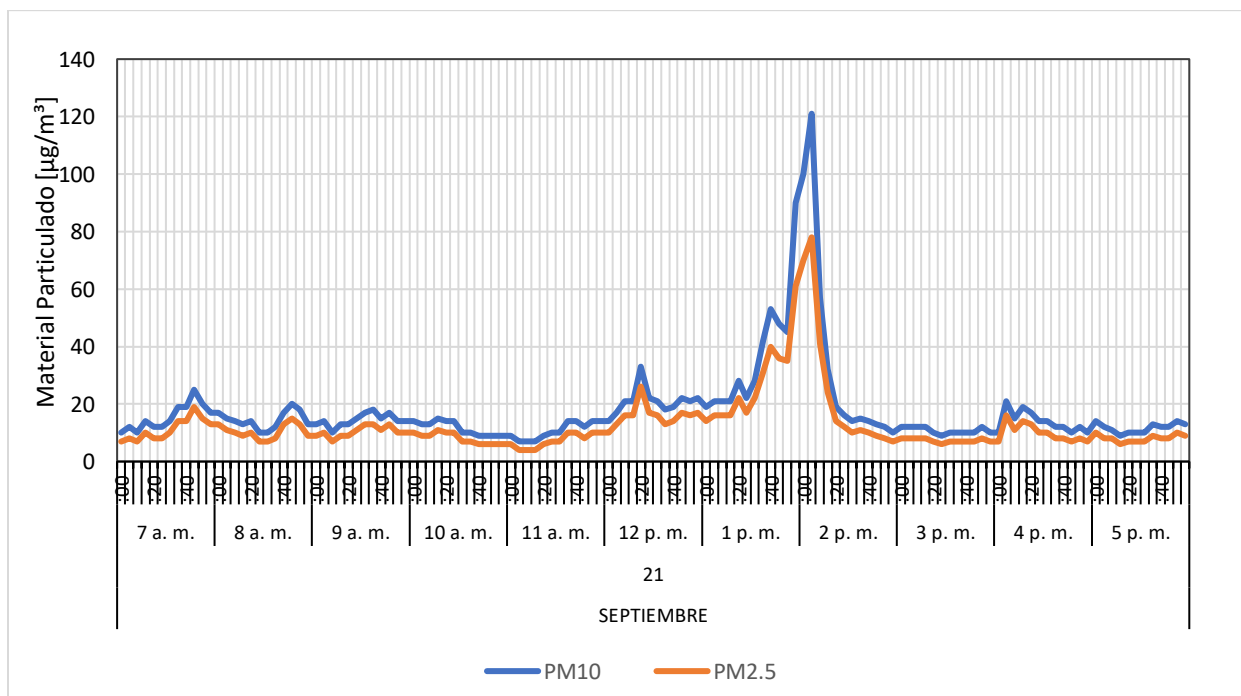


Figura A80

Material particulado para el 22 de septiembre de 2021

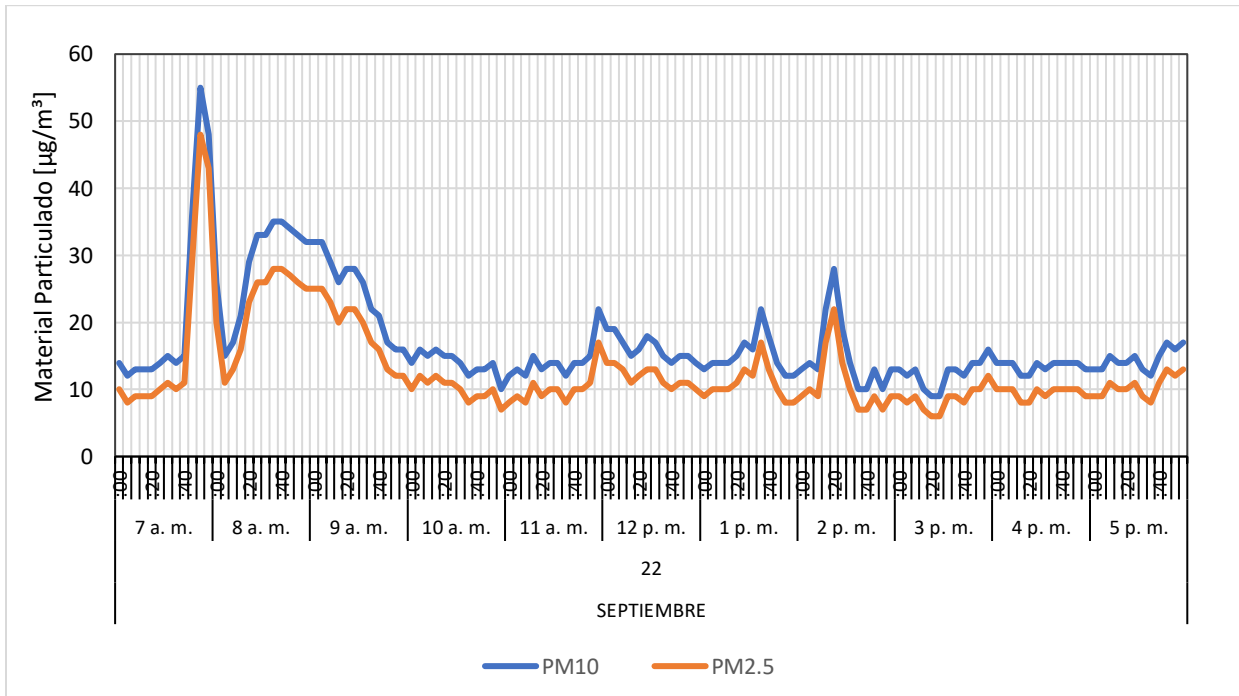


Figura A81

Material particulado para el 23 de septiembre de 2021

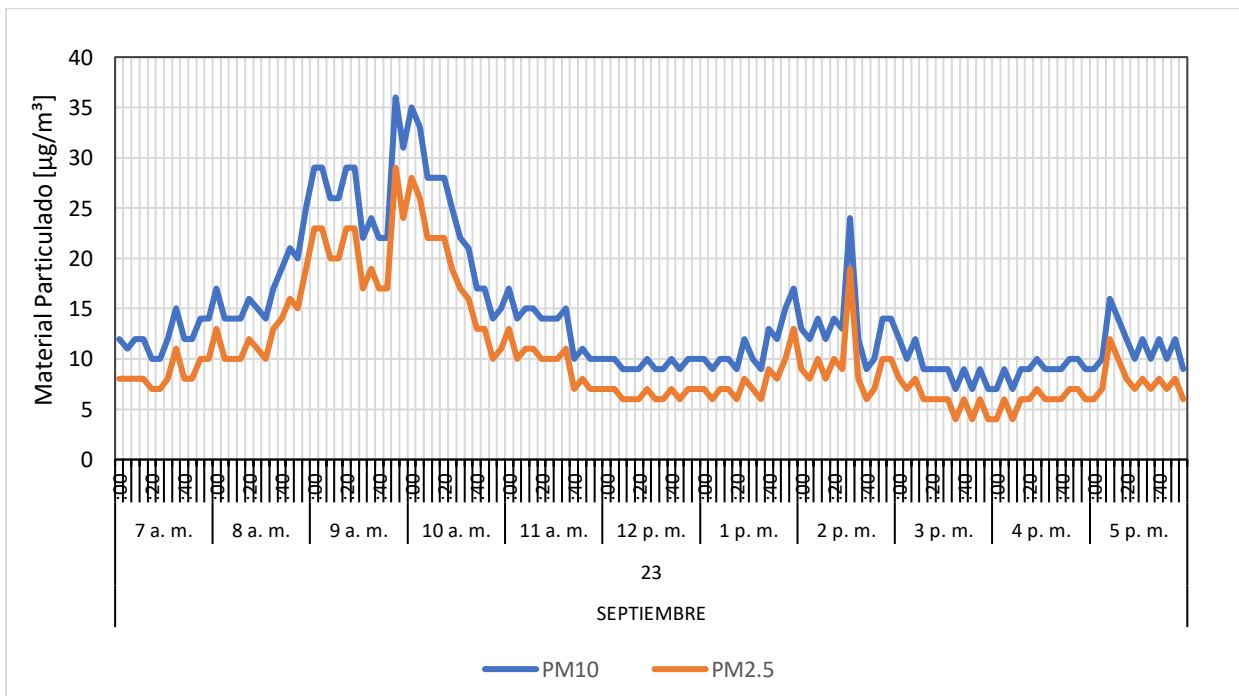


Figura A82

Material particulado para el 24 de septiembre de 2021

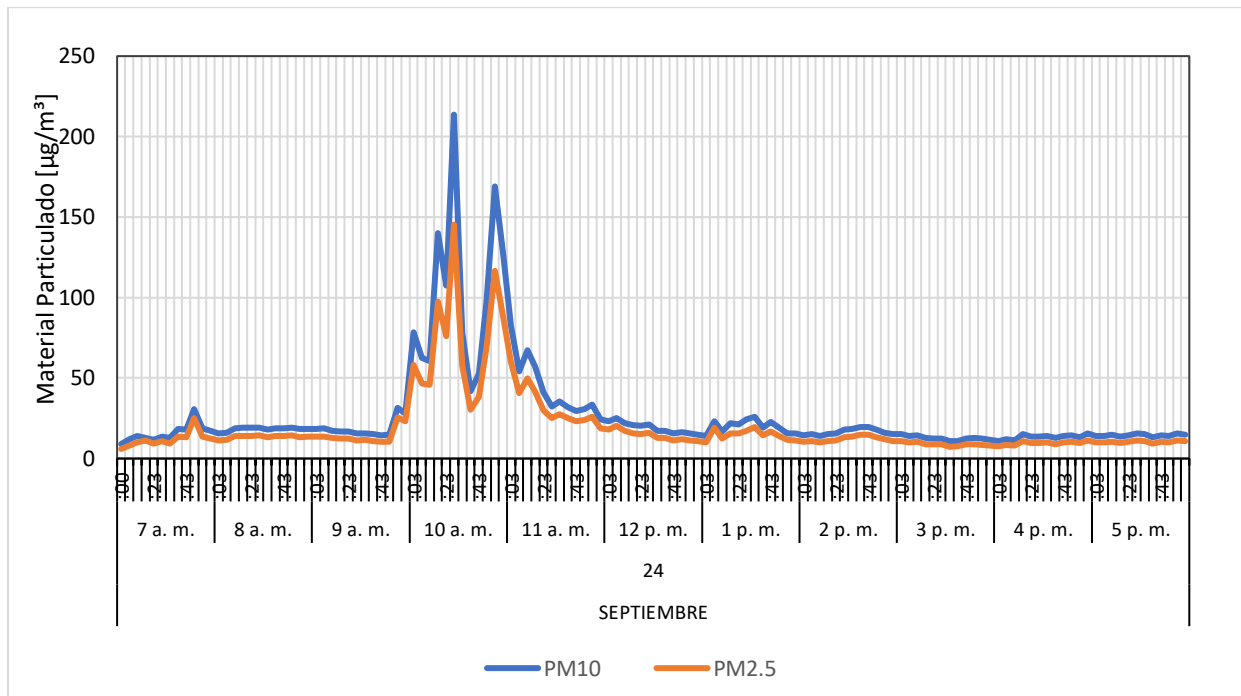


Figura A83

Material particulado para el 25 de septiembre de 2021

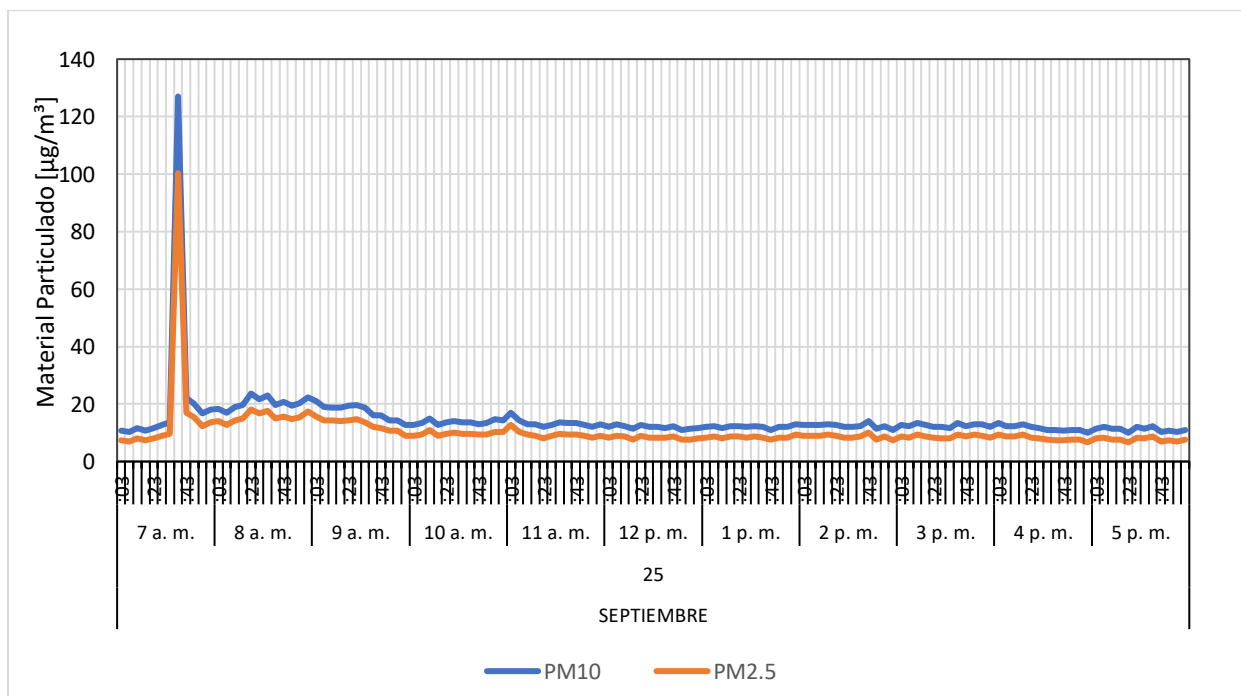


Figura A84

Material particulado para el 26 de septiembre de 2021

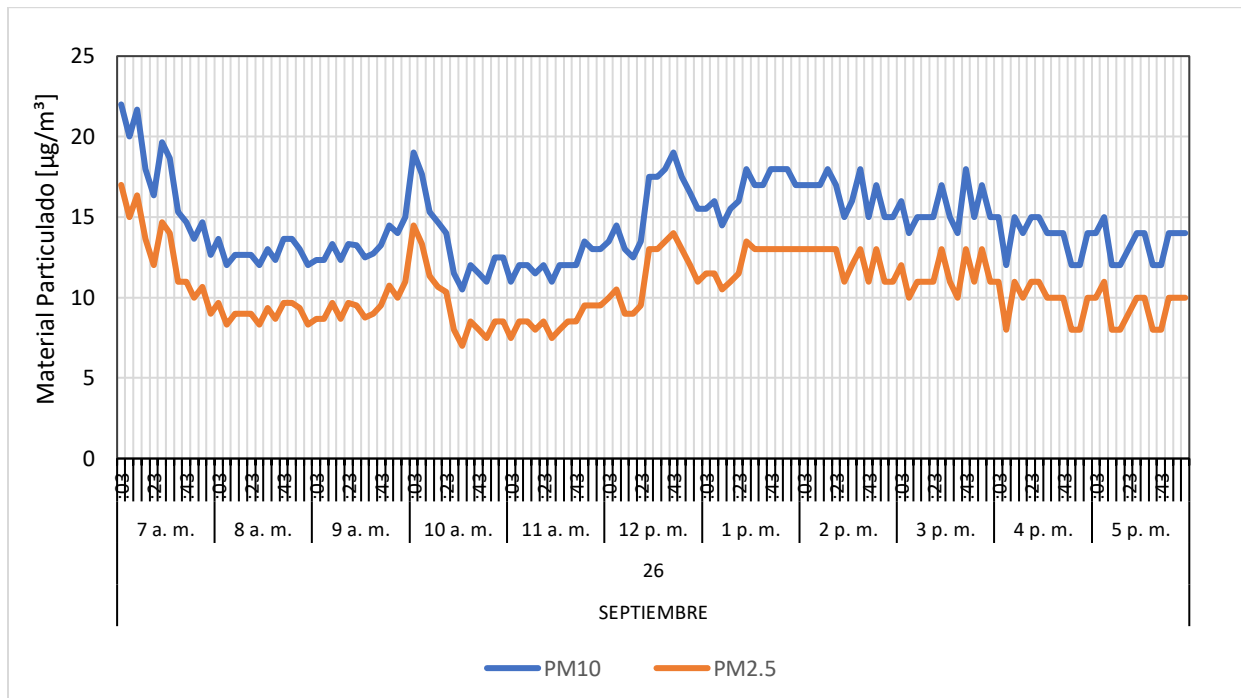


Figura A85

Material particulado para el 27 de septiembre de 2021

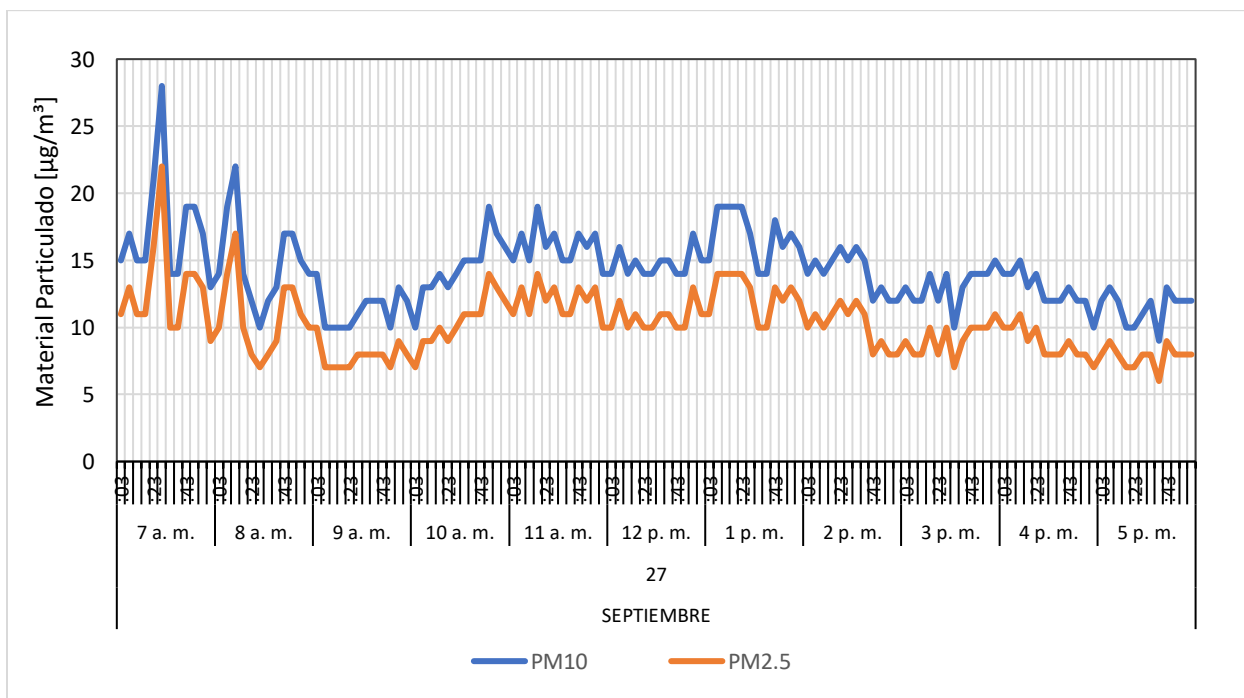


Figura A86

Material particulado para el 28 de septiembre de 2021

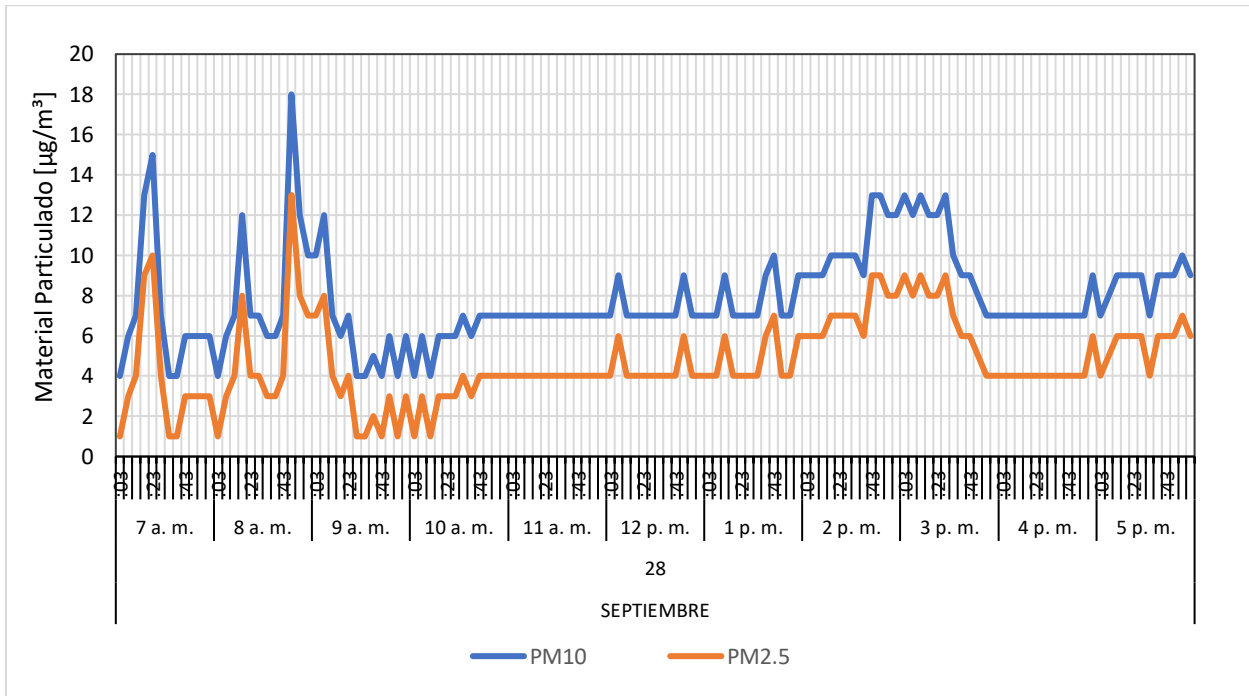


Figura A87

Material particulado para el 29 de septiembre de 2021

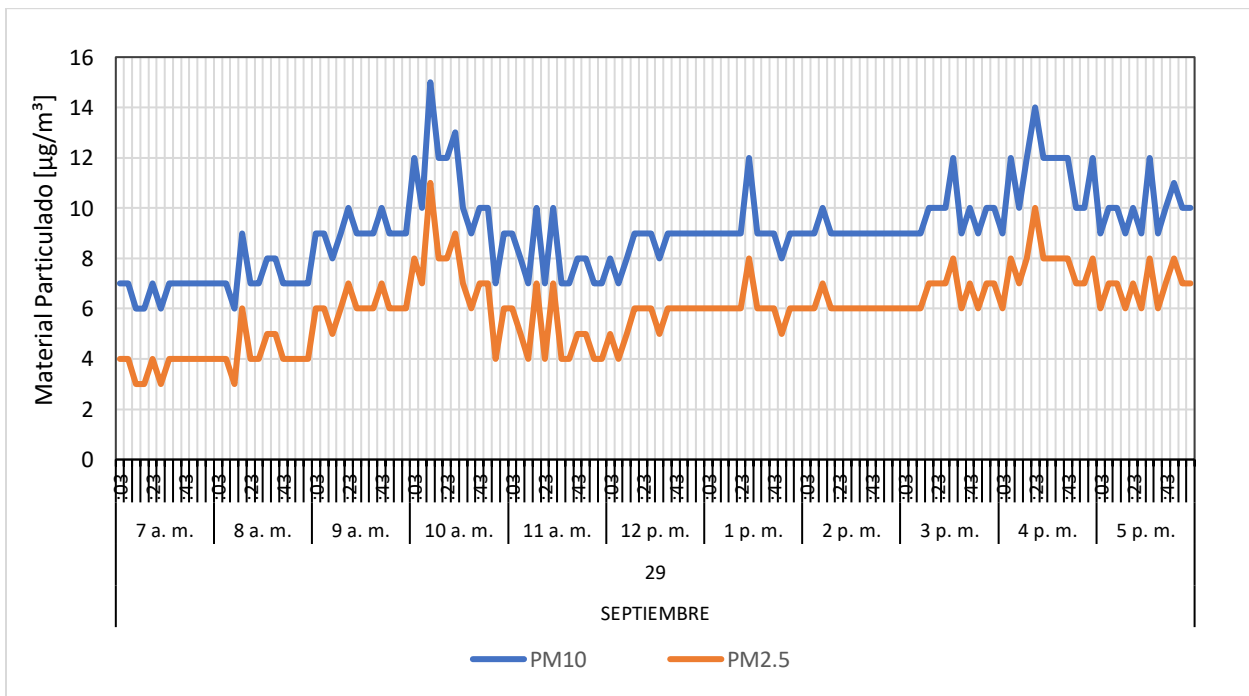


Figura A88

Material particulado para el 30 de septiembre de 2021

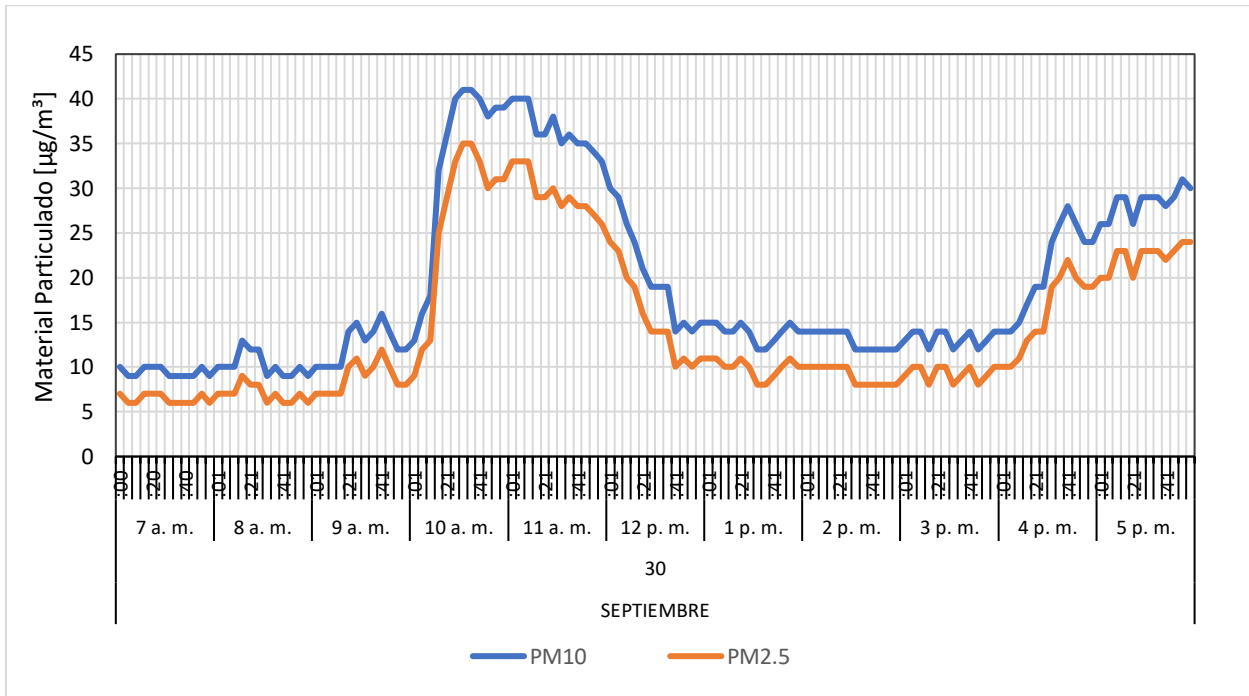


Figura A89

Material particulado para el 1 de octubre de 2021

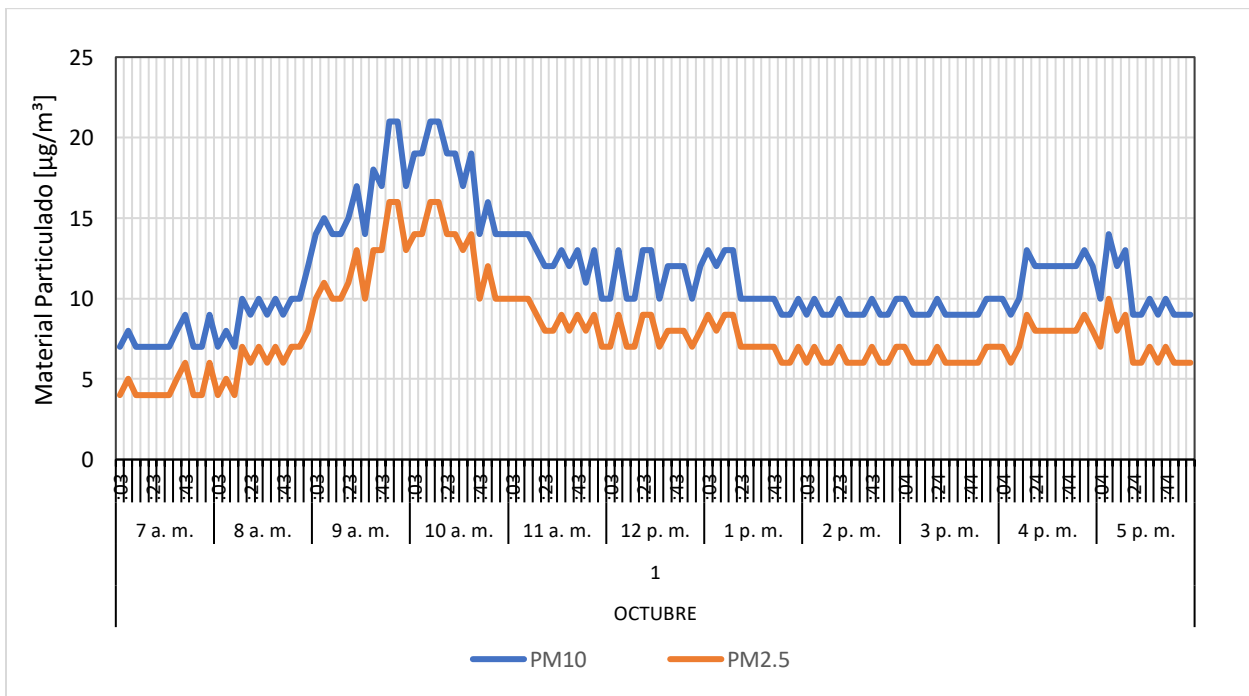


Figura A90

Material particulado para el 2 de octubre de 2021

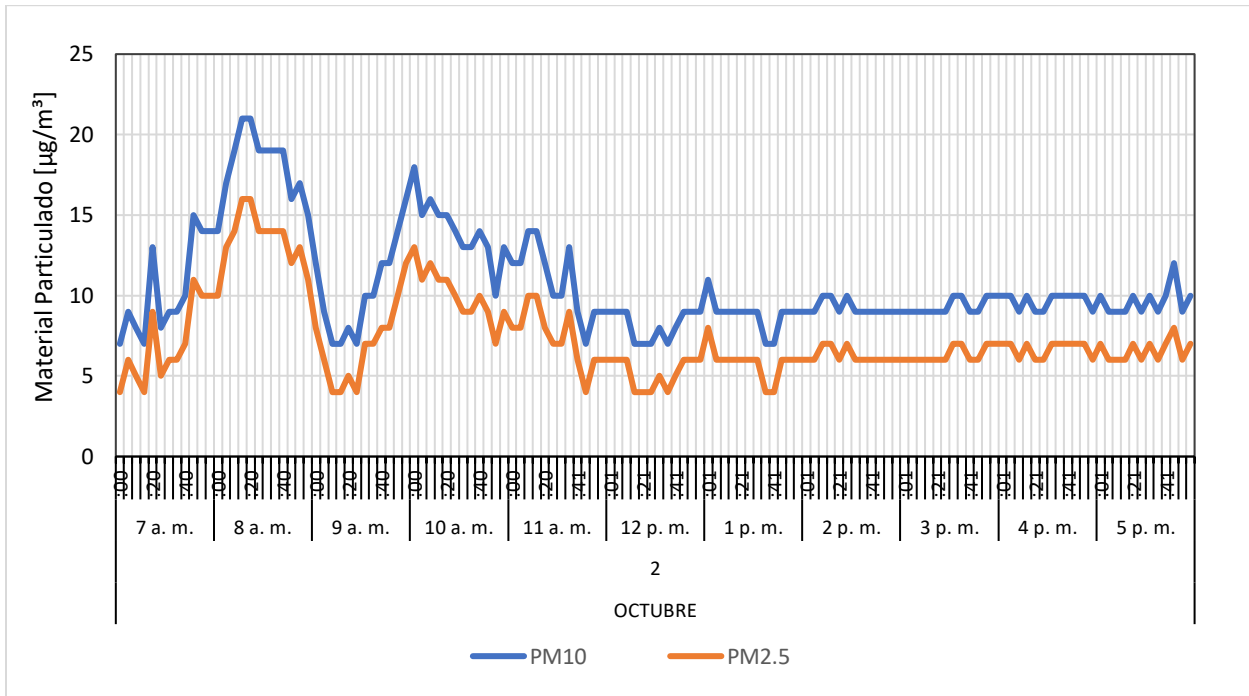


Figura A91

Material particulado para el 3 de octubre de 2021

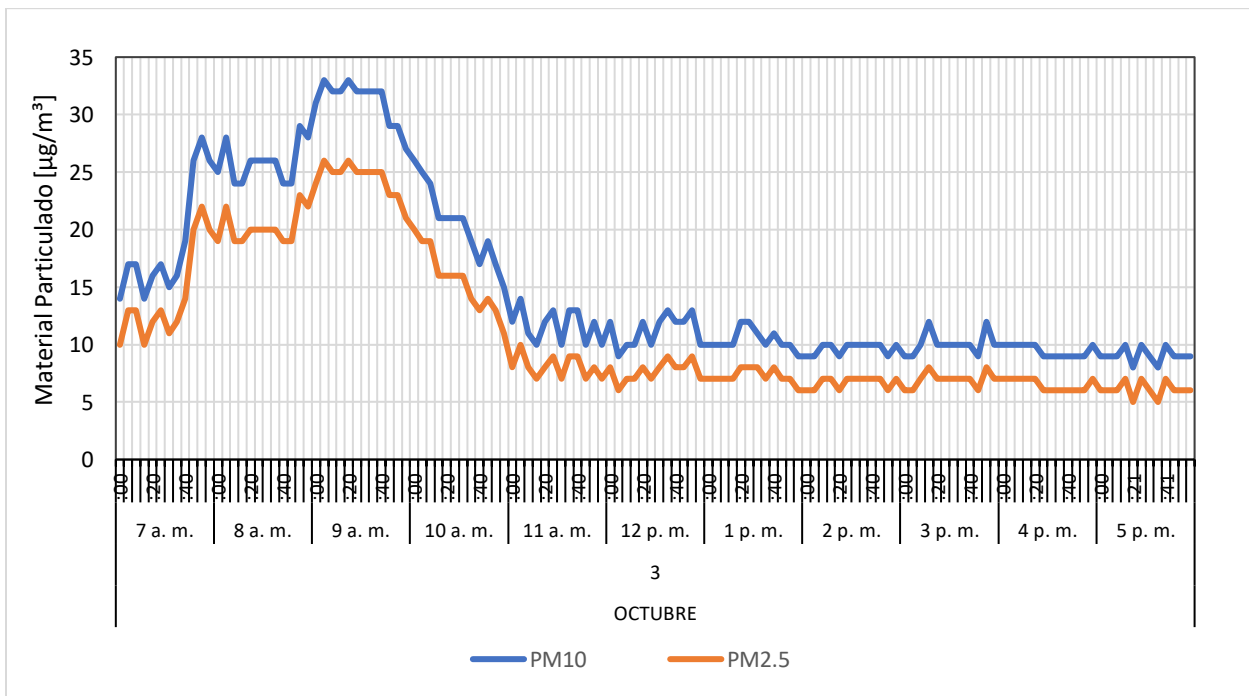


Figura A 92

Material particulado para el 5 de octubre de 2021

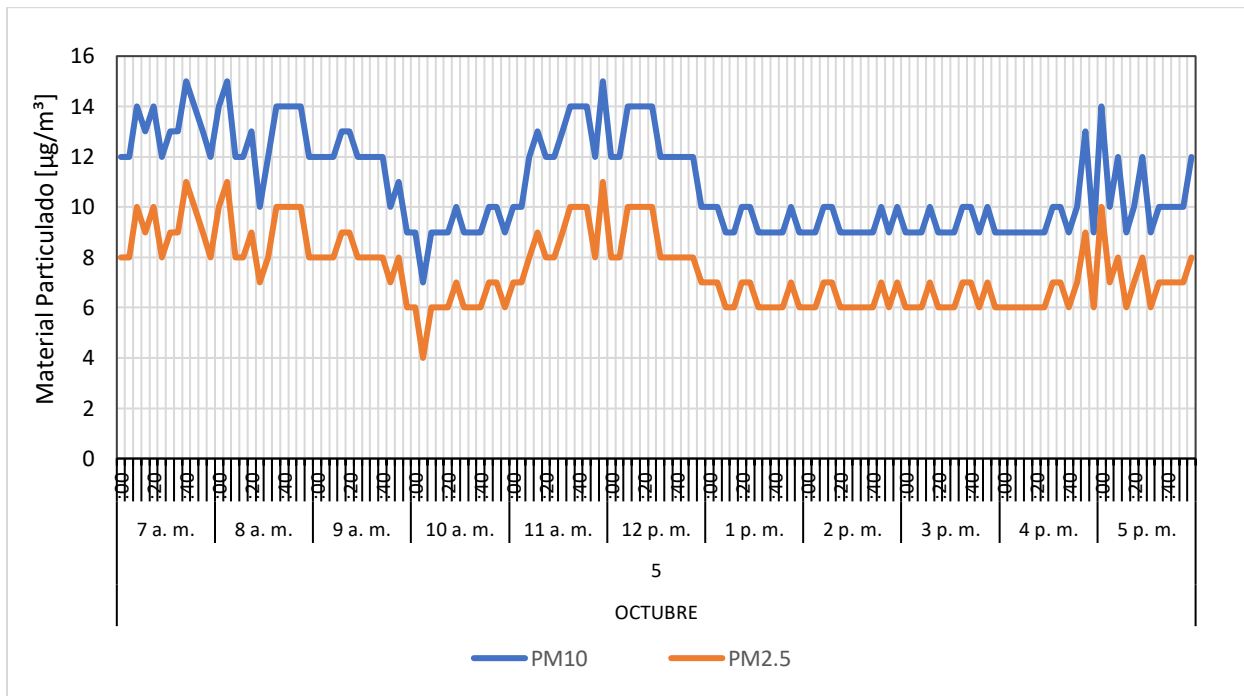


Figura A93

Material particulado para el 6 de octubre de 2021

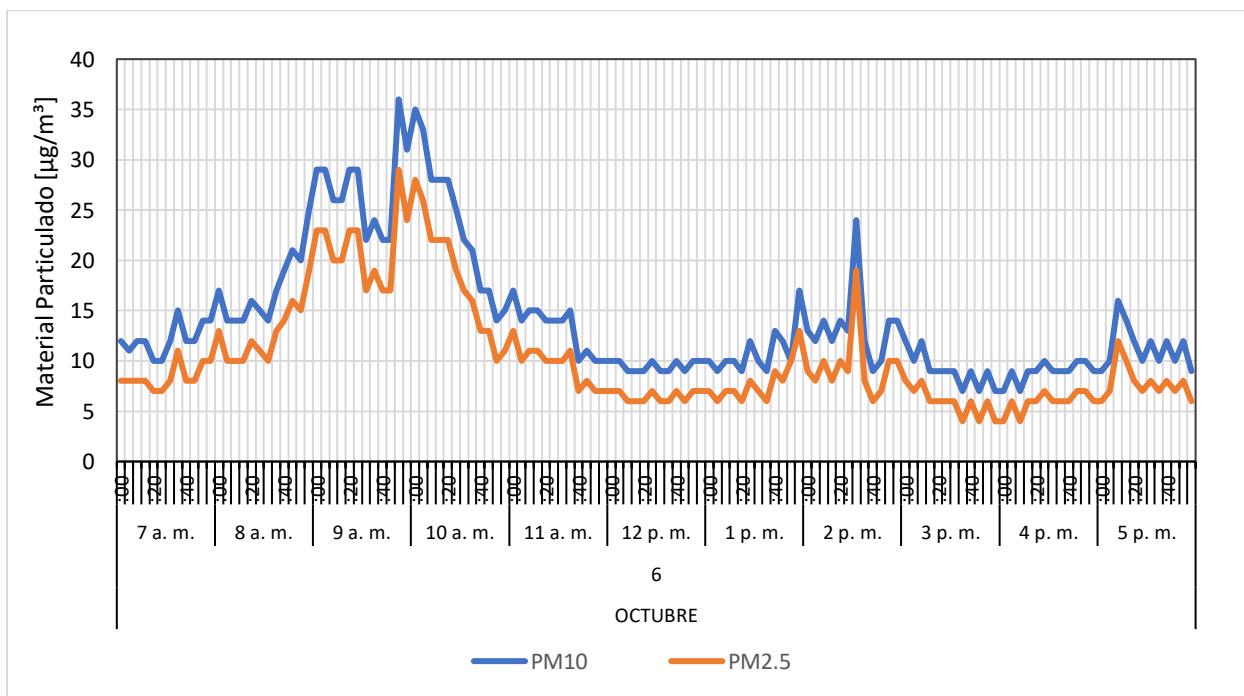
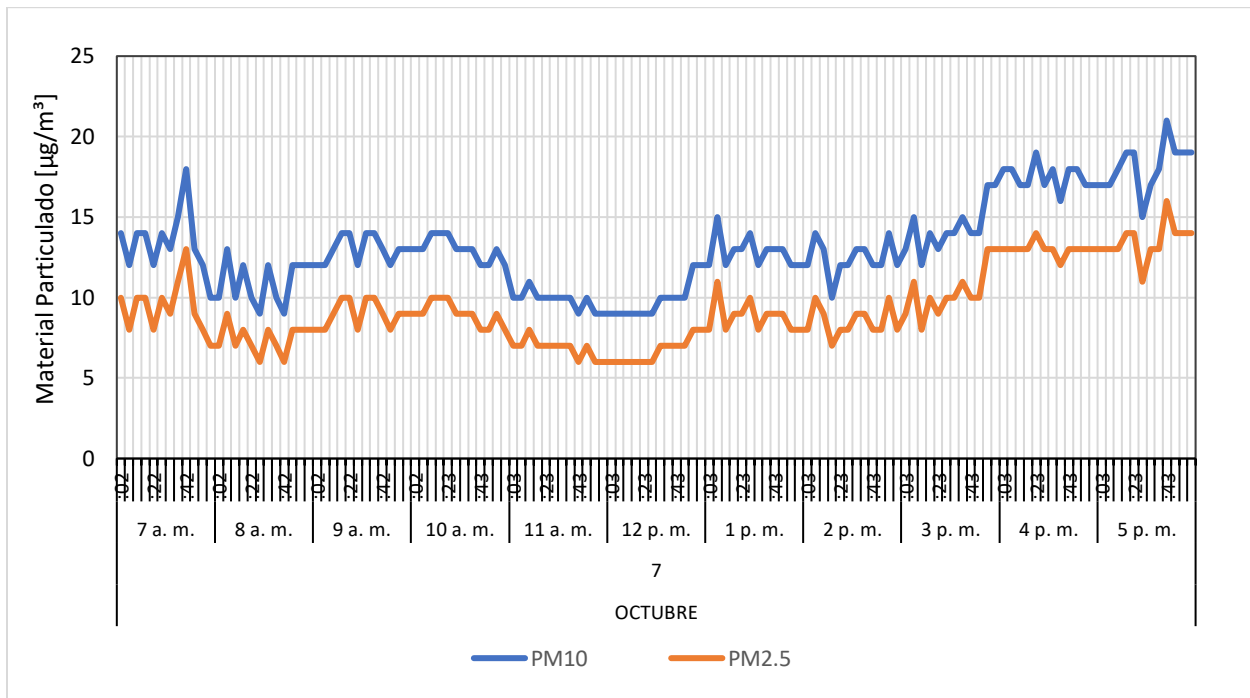


Figura A94

Material particulado para el 7 de octubre de 2021



Apéndice B. Gráficas de los datos recopilados en las mediciones en el exterior del recinto

A continuación, se muestran las gráficas de los datos recopilados en la medición en el exterior del recinto correspondientes a las variables de: temperatura, humedad relativa, concentración de CO y CO₂, velocidad del aire y material particulado PM_{2.5} y PM₁₀.

B.1. Temperatura y humedad

Figura B1

Temperatura y Humedad relativa para el 8 de octubre de 2021

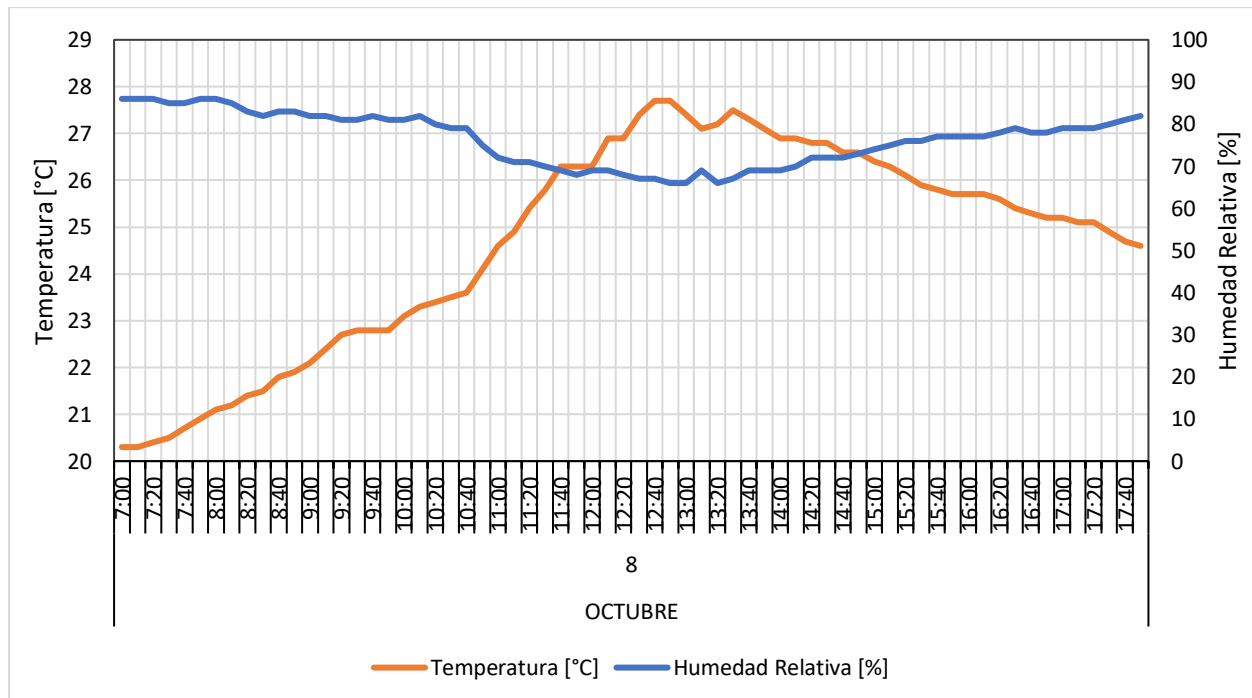


Figura B2

Temperatura y Humedad relativa para el 9 de octubre de 2021

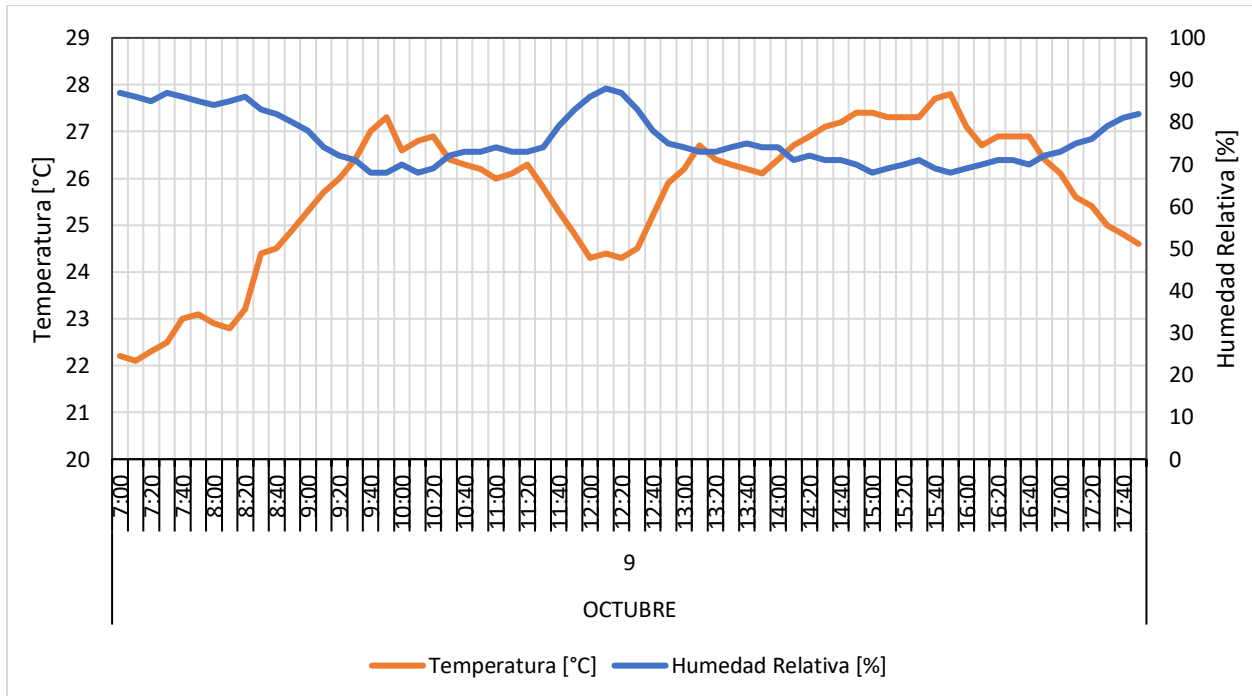


Figura B3

Temperatura y Humedad relativa para el 10 de octubre de 2021

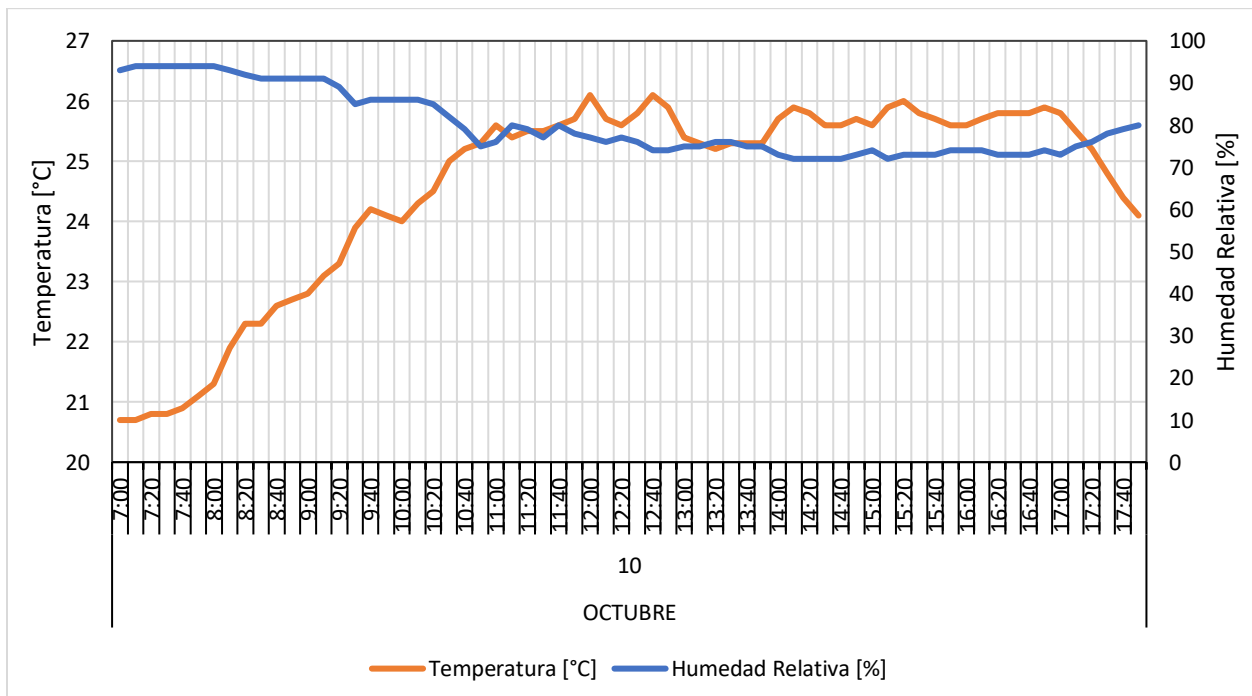


Figura B4

Temperatura y Humedad relativa para el 11 de octubre de 2021

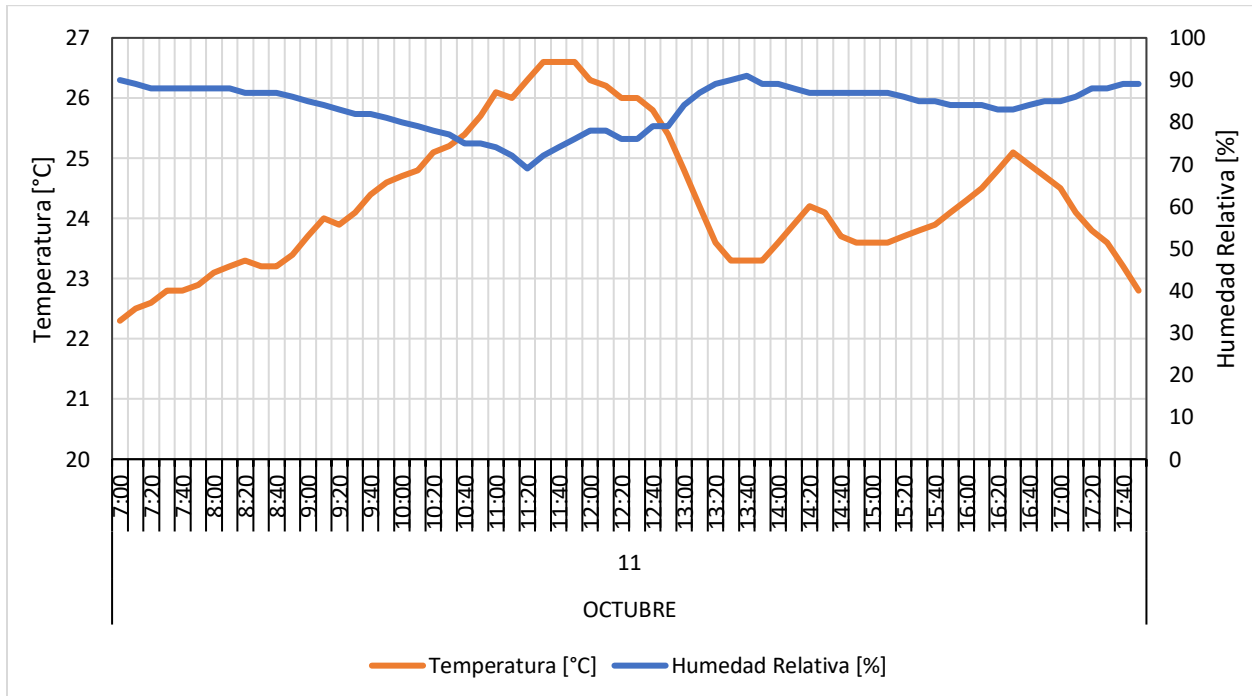


Figura B5

Temperatura y Humedad relativa para el 12 de octubre de 2021

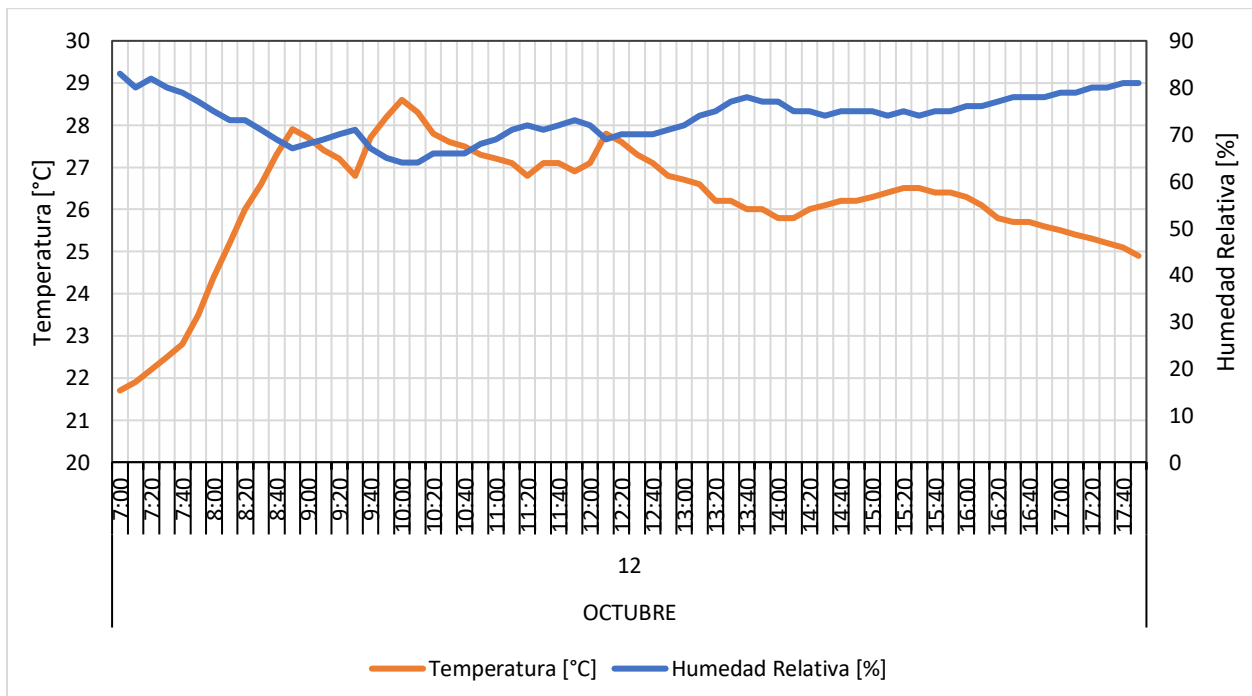


Figura B6

Temperatura y Humedad relativa para el 13 de octubre de 2021

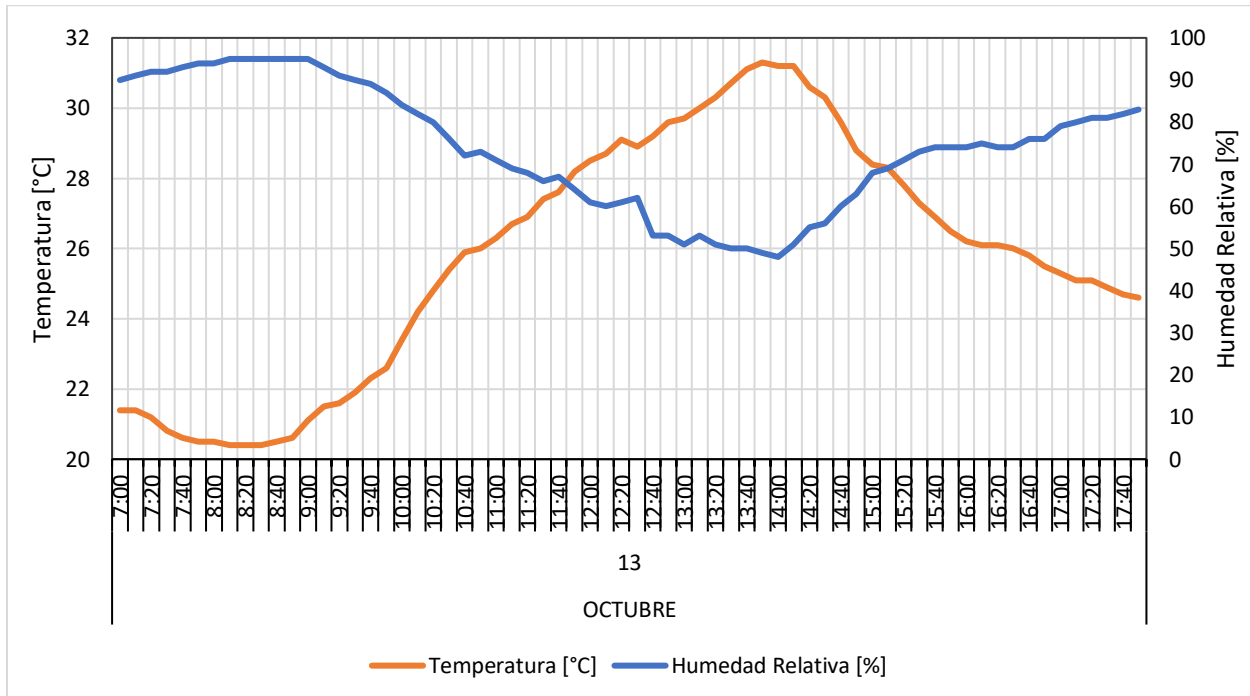


Figura B7

Temperatura y Humedad relativa para el 14 de octubre de 2021

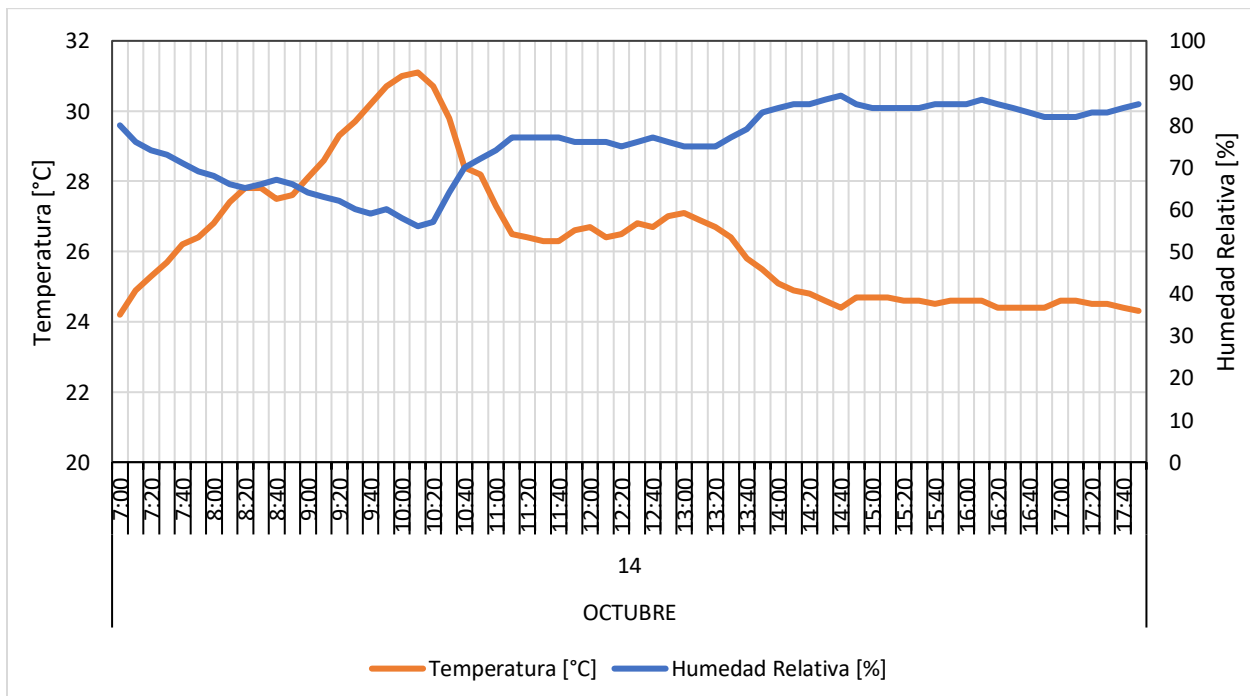


Figura B8

Temperatura y Humedad relativa para el 15 de octubre de 2021

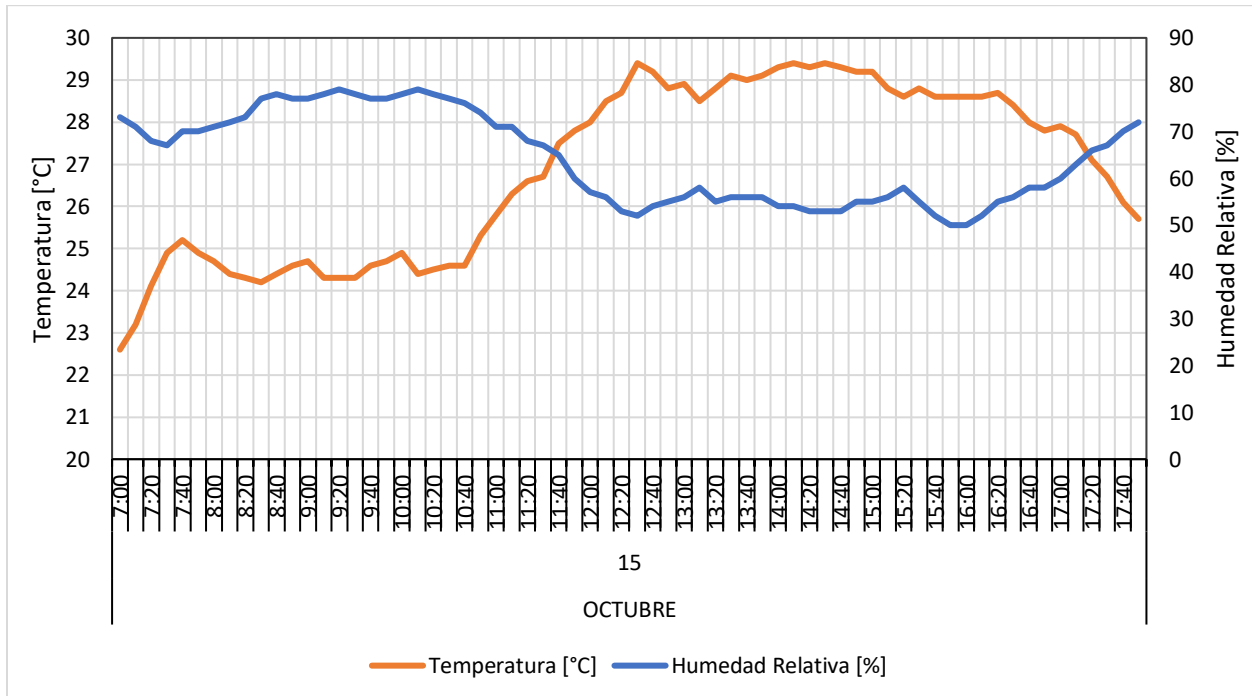


Figura B9

Temperatura y Humedad relativa para el 16 de octubre de 2021

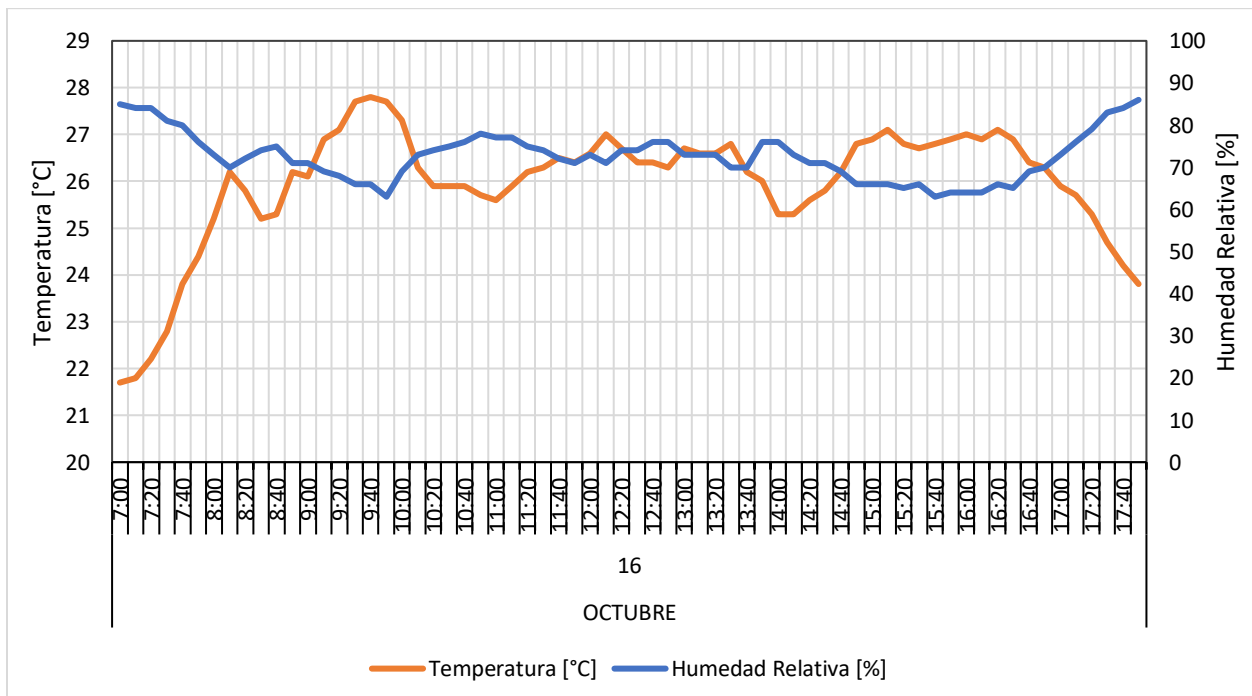


Figura B10

Temperatura y Humedad relativa para el 17 de octubre de 2021

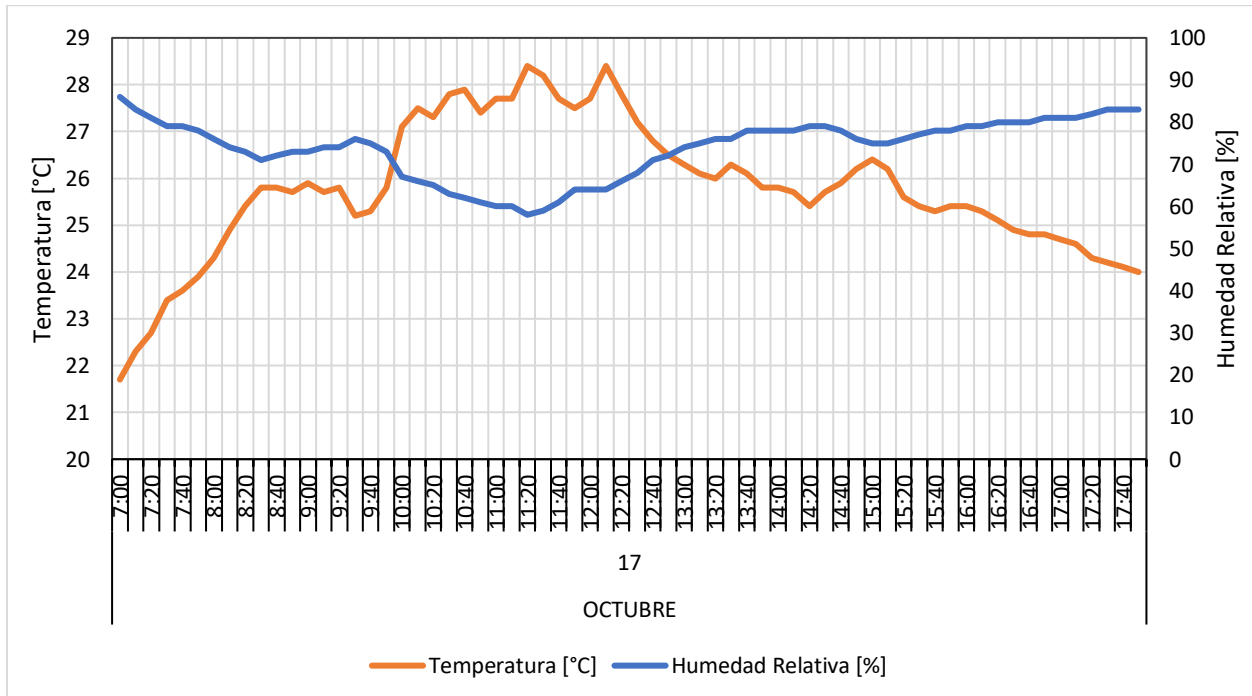


Figura B11

Temperatura y Humedad relativa para el 18 de octubre de 2021

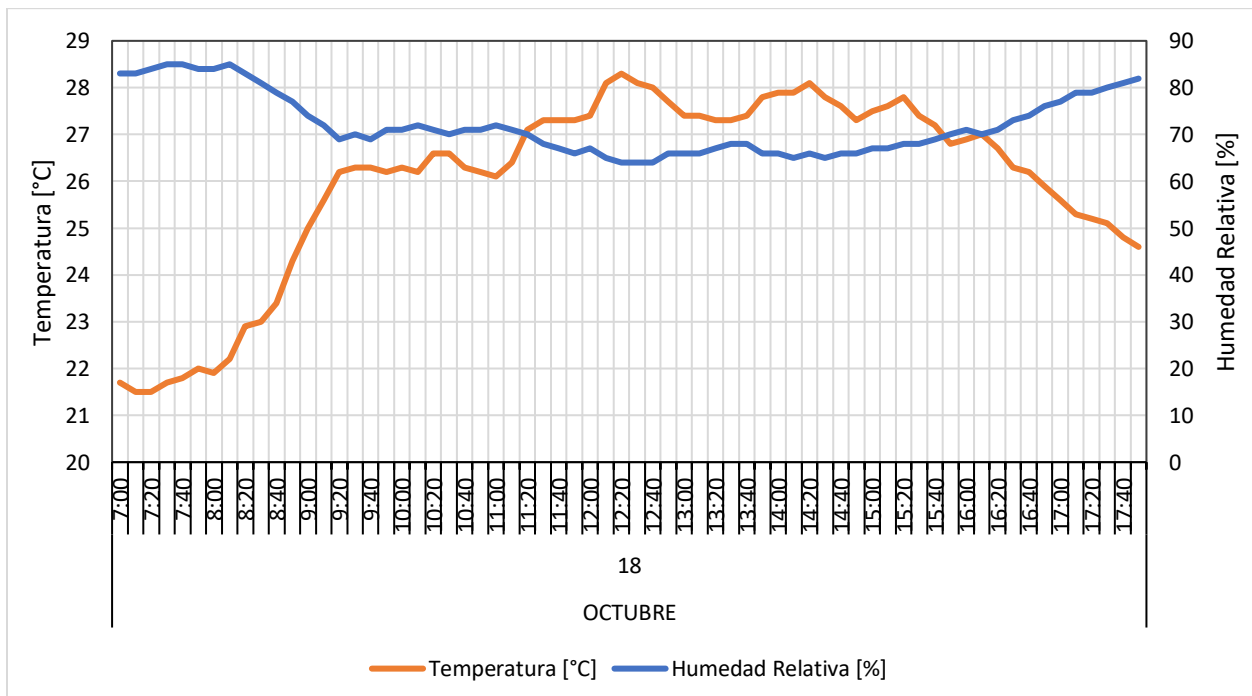


Figura B12

Temperatura y Humedad relativa para el 19 de octubre de 2021

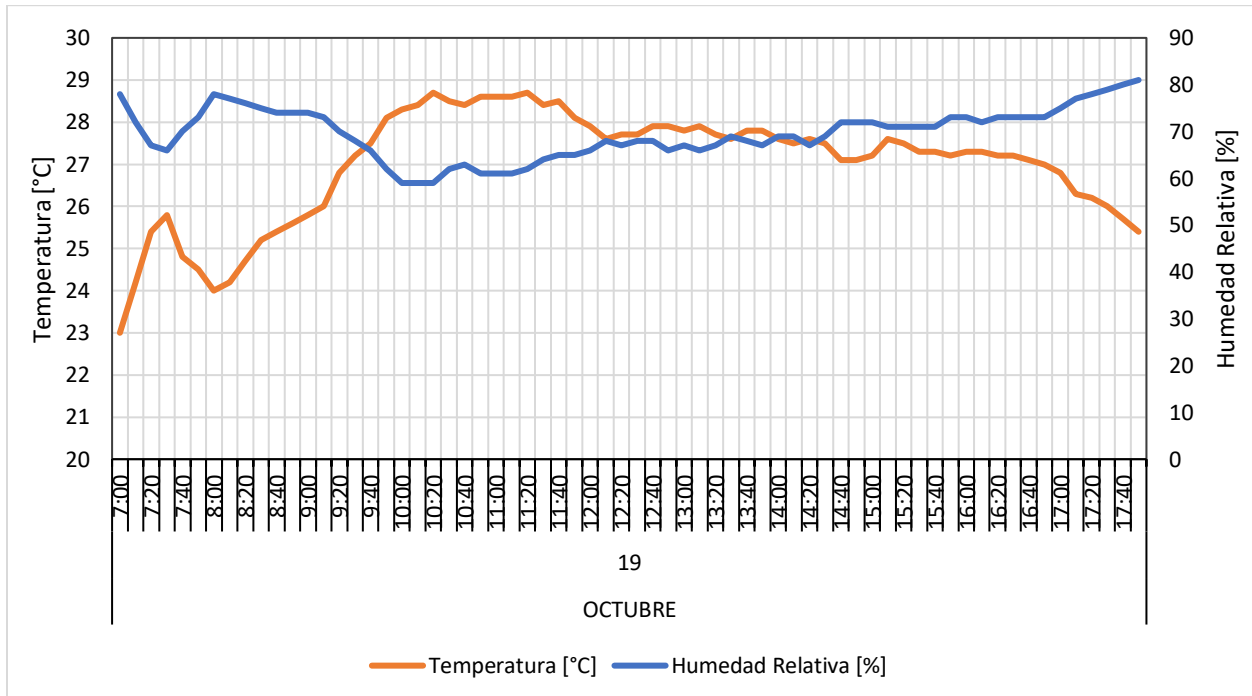


Figura B13

Temperatura y Humedad relativa para el 20 de octubre de 2021

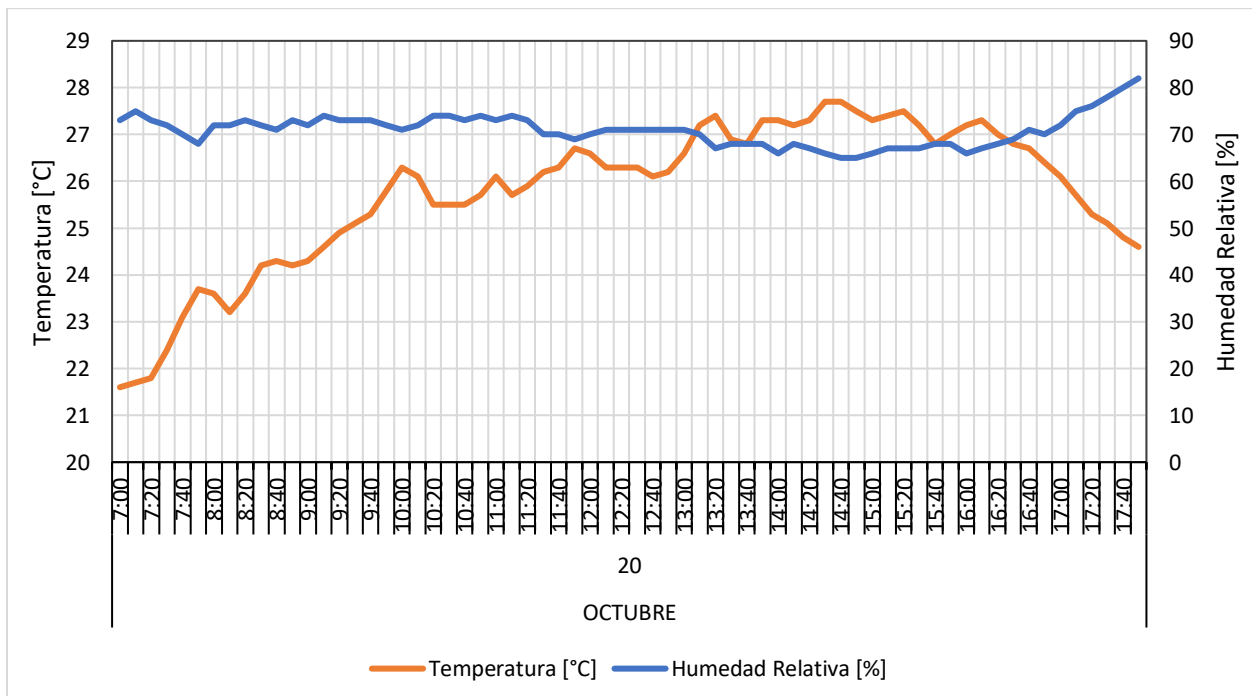


Figura B14

Temperatura y Humedad relativa para el 21 de octubre de 2021

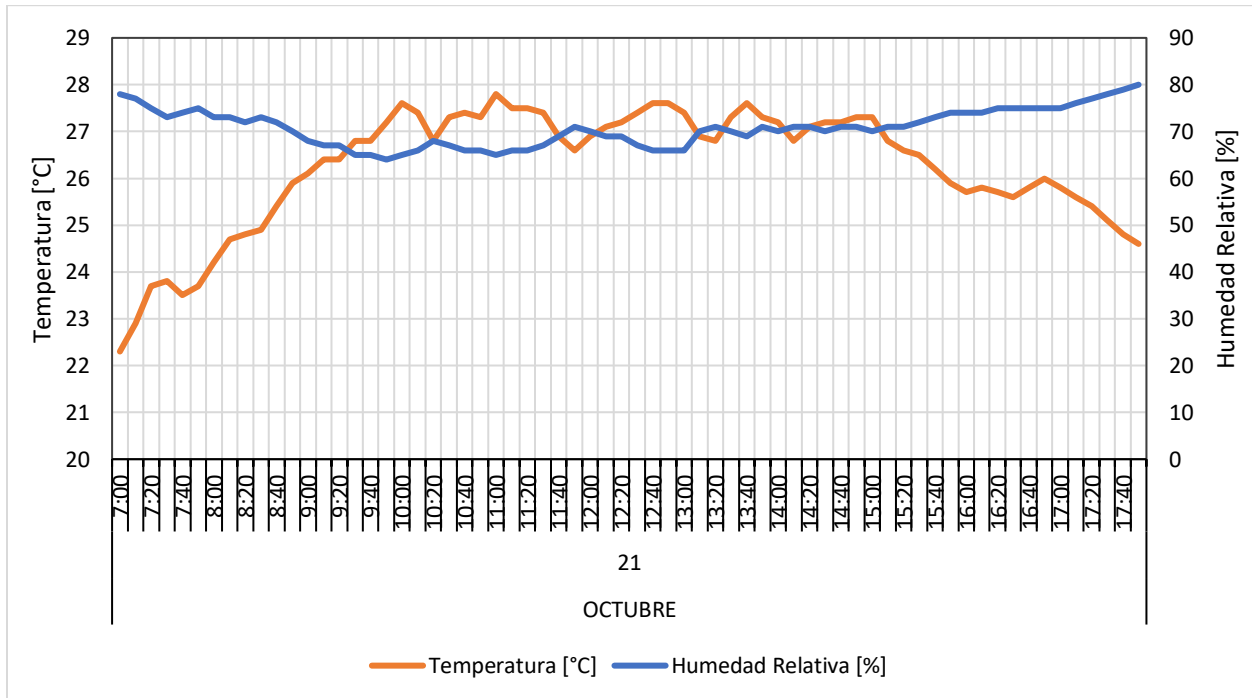


Figura B15

Temperatura y Humedad relativa para el 22 de octubre de 2021

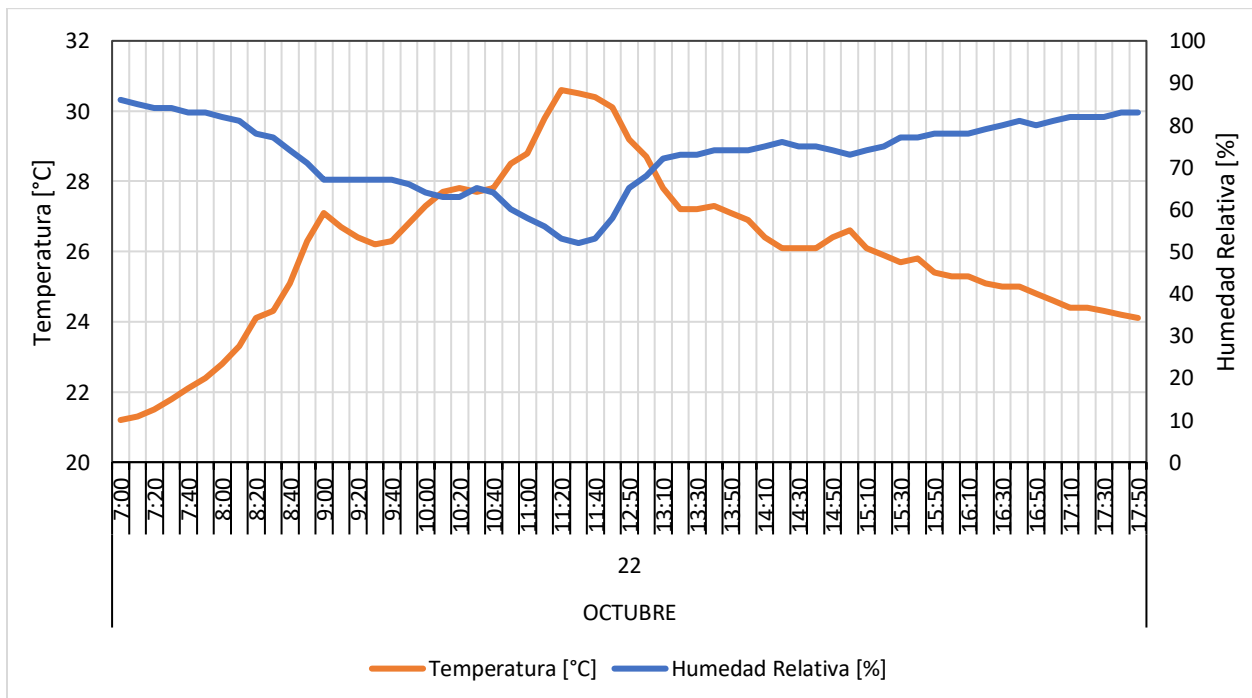


Figura B16

Temperatura y Humedad relativa para el 23 de octubre de 2021

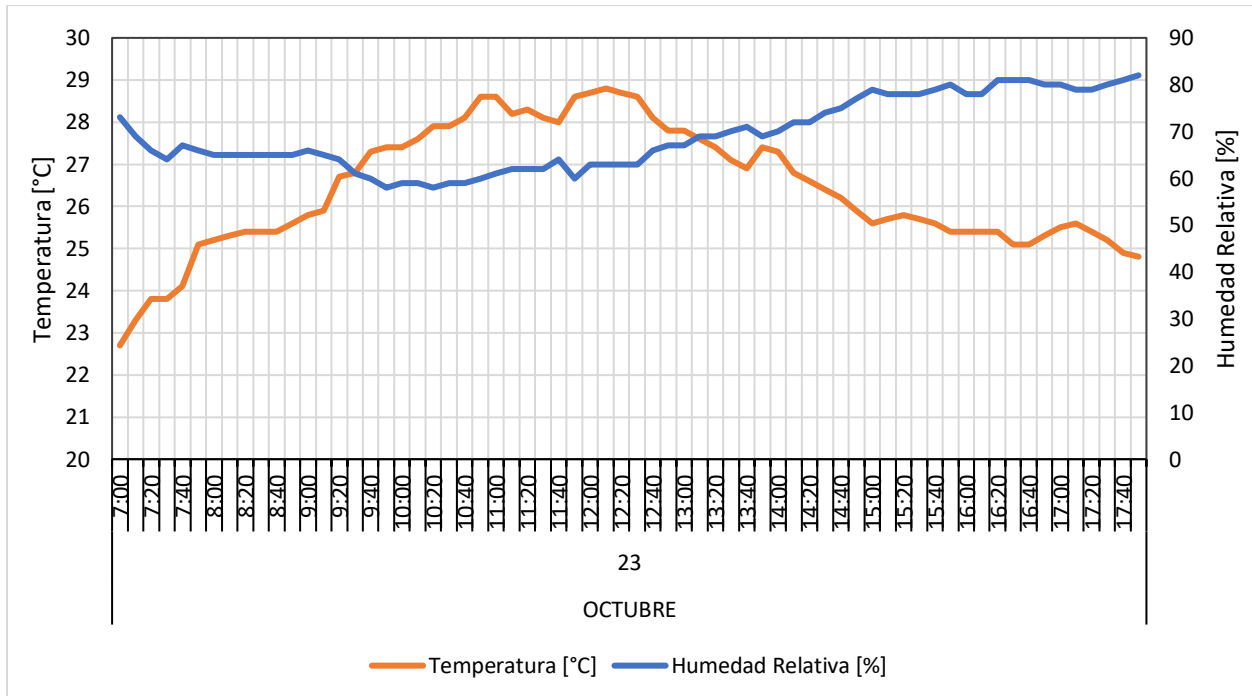


Figura B17

Temperatura y Humedad relativa para el 24 de octubre de 2021

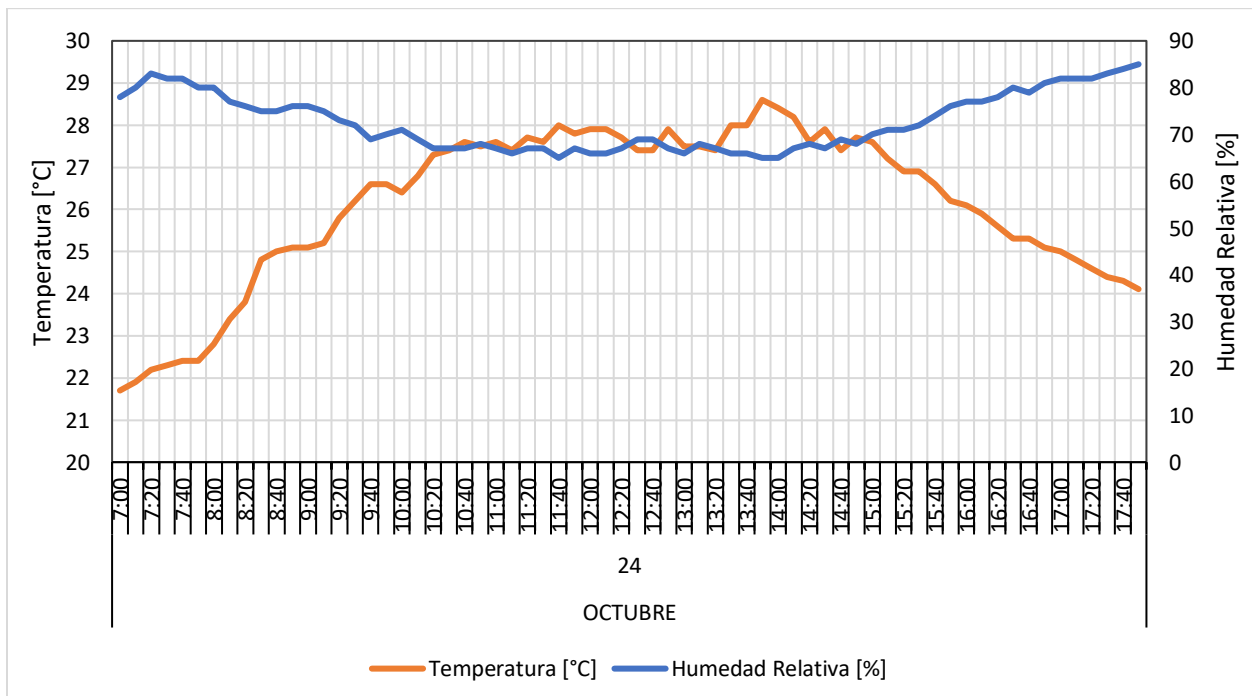


Figura B18

Temperatura y Humedad relativa para el 25 de octubre de 2021

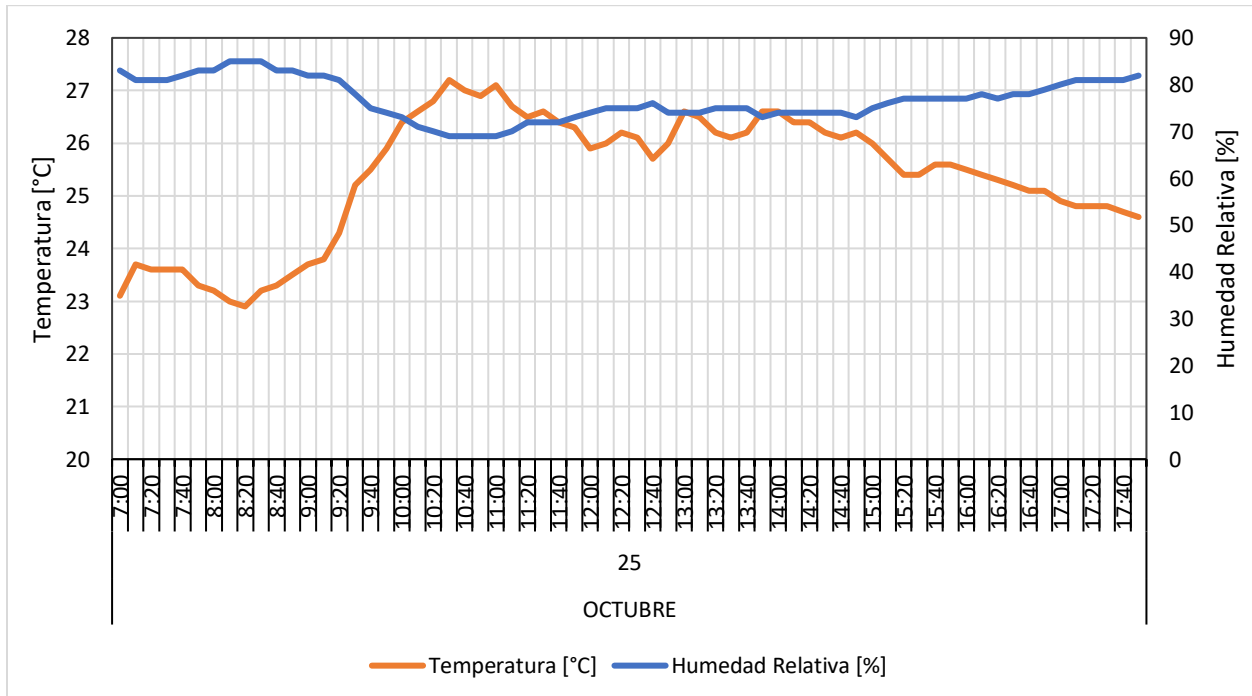


Figura B19

Temperatura y Humedad relativa para el 26 de octubre de 2021

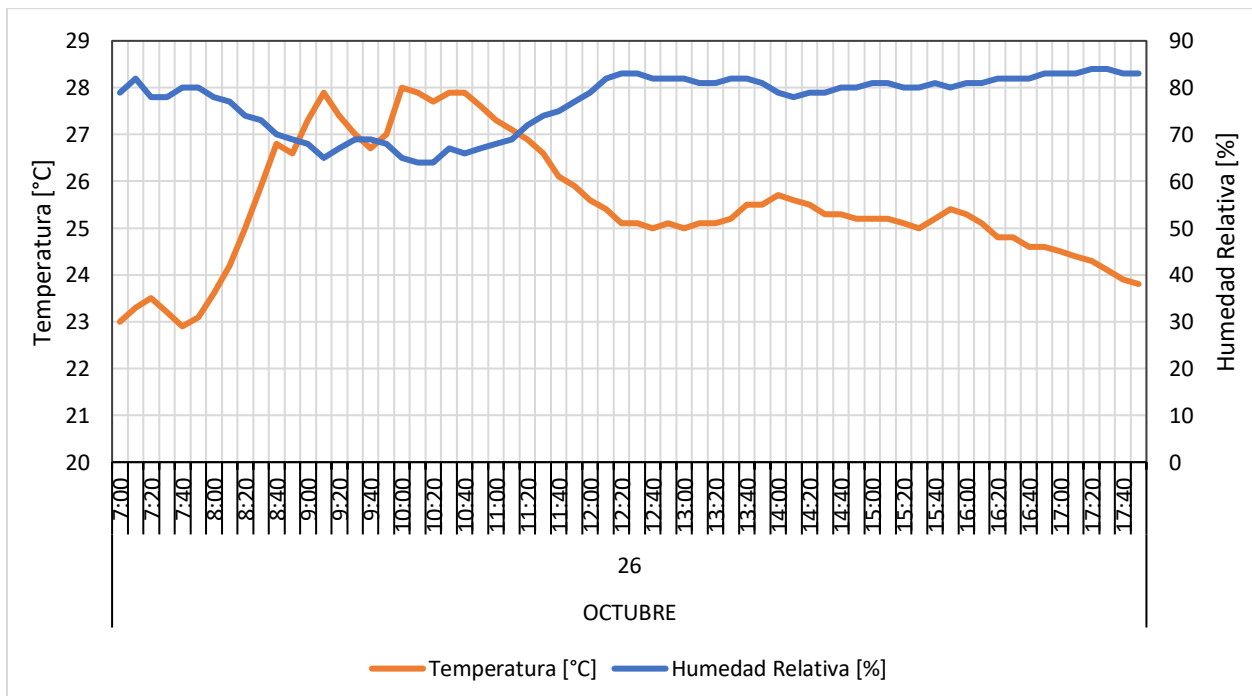


Figura B20

Temperatura y Humedad relativa para el 27 de octubre de 2021

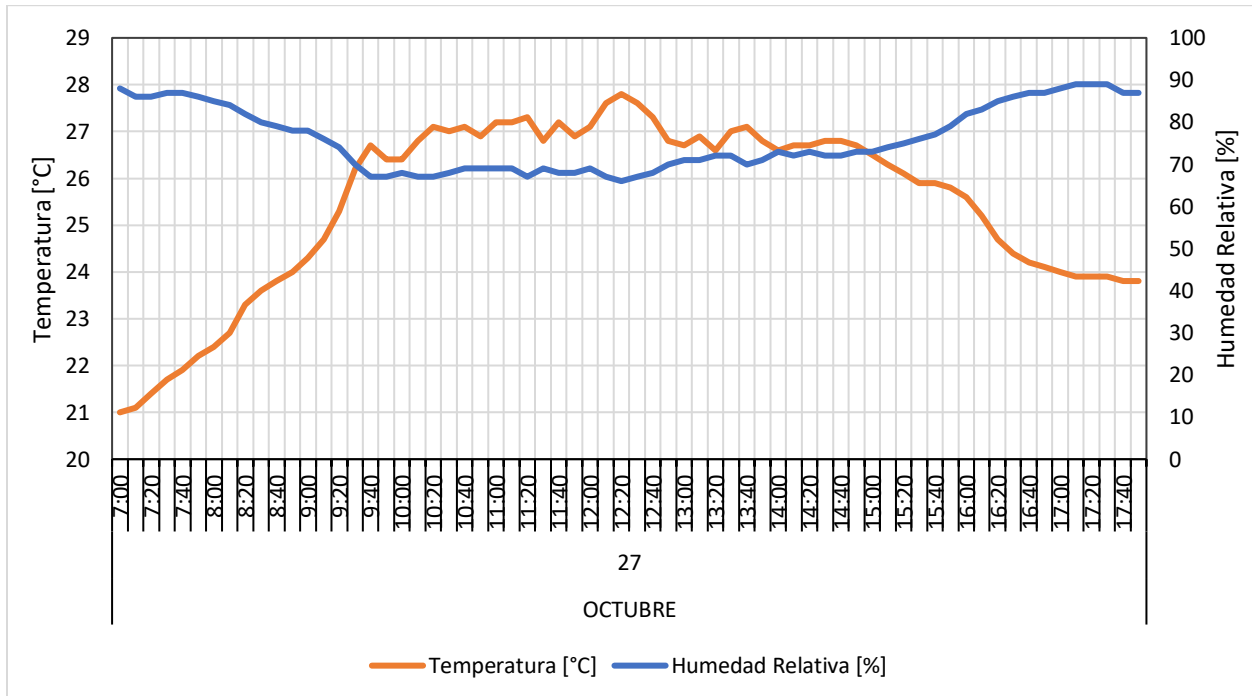


Figura B21

Temperatura y Humedad relativa para el 28 de octubre de 2021

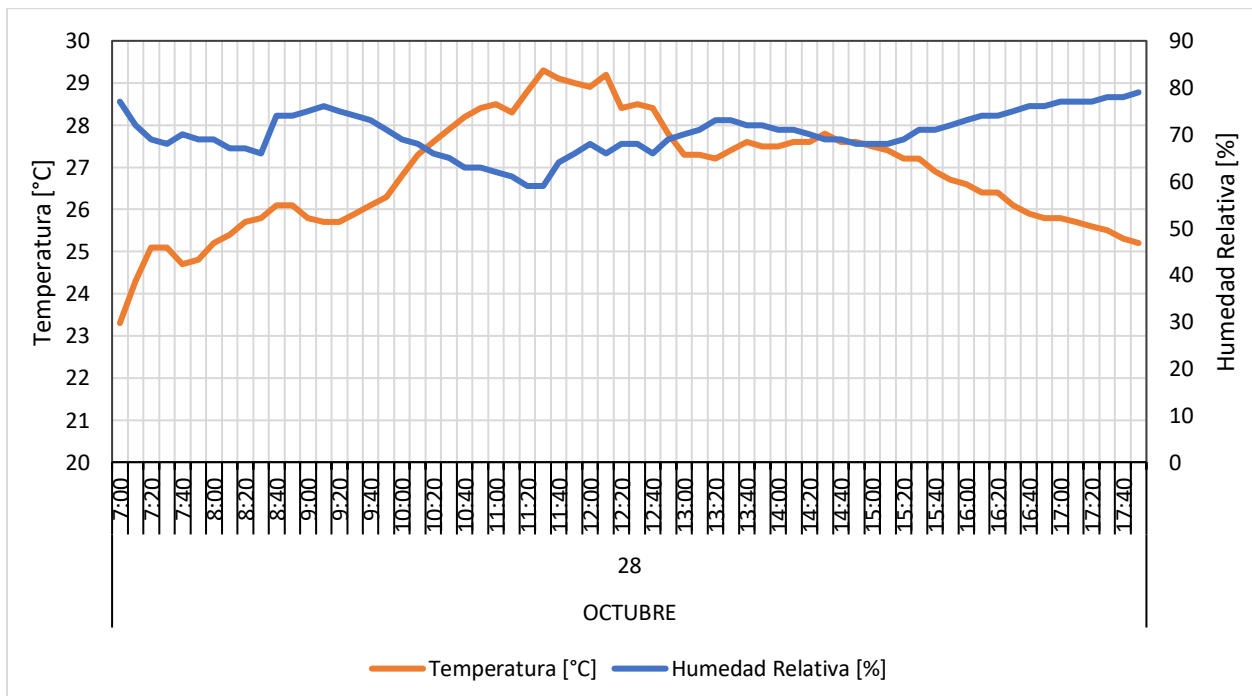


Figura B22

Temperatura y Humedad relativa para el 29 de octubre de 2021

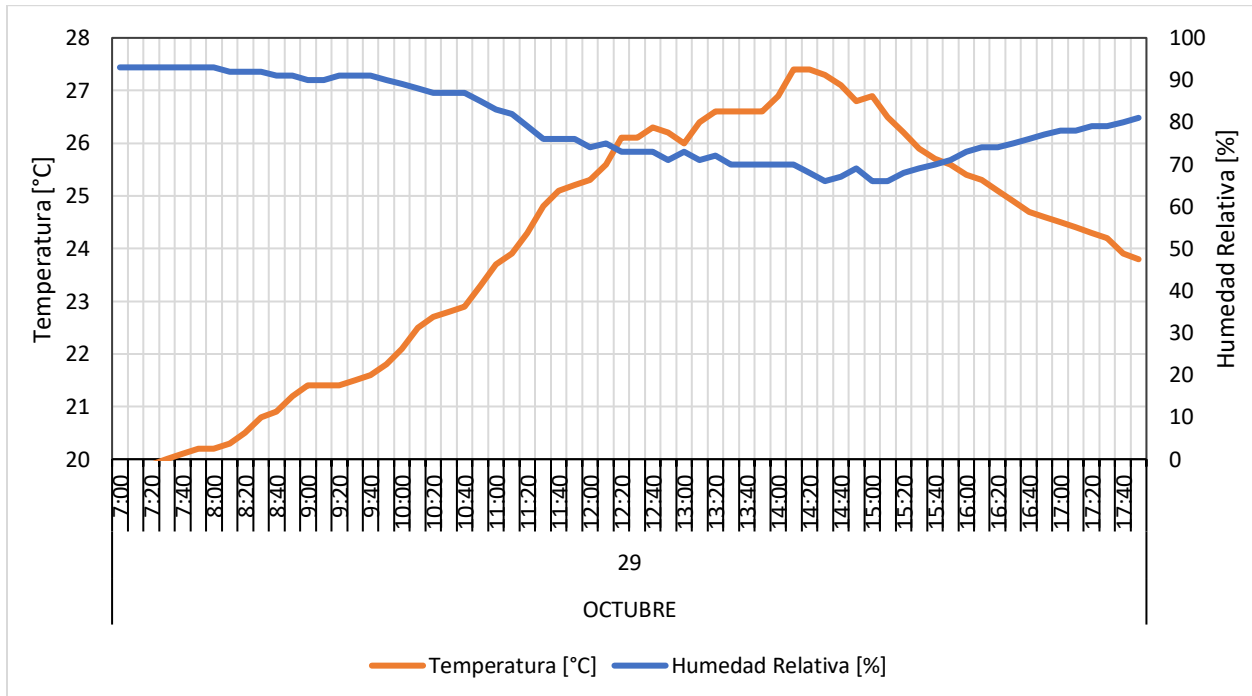


Figura B23

Temperatura y Humedad relativa para el 30 de octubre de 2021

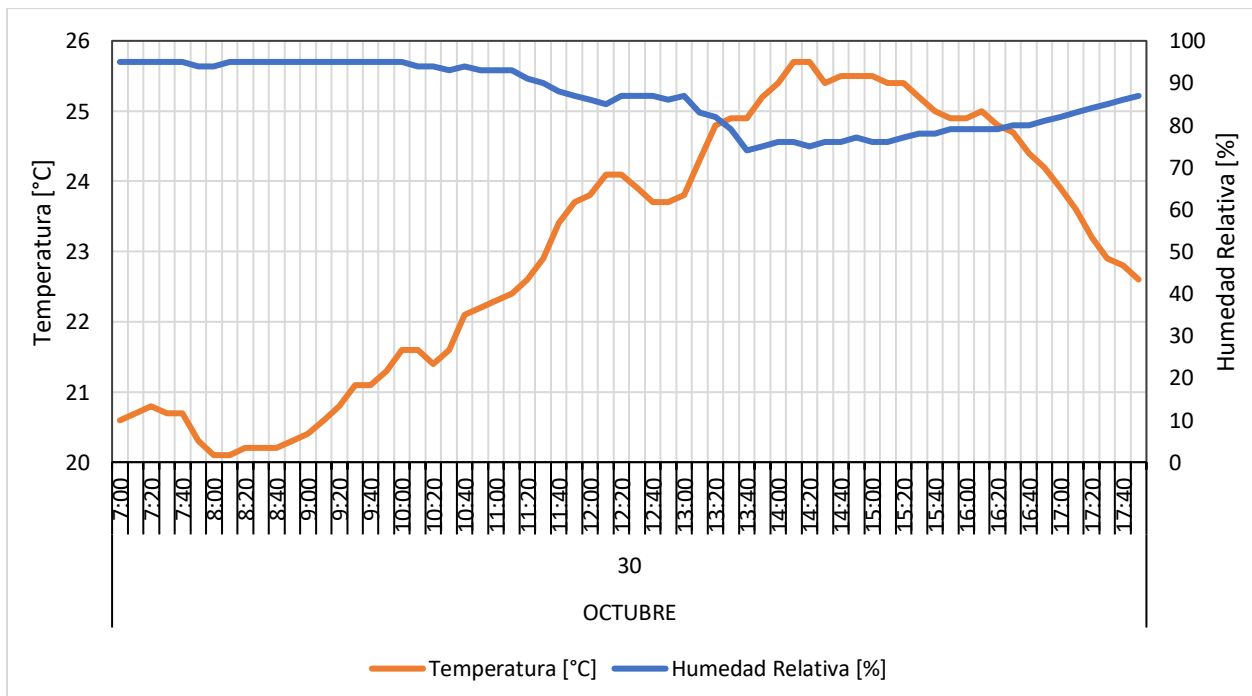


Figura B24

Temperatura y Humedad relativa para el 31 de octubre de 2021

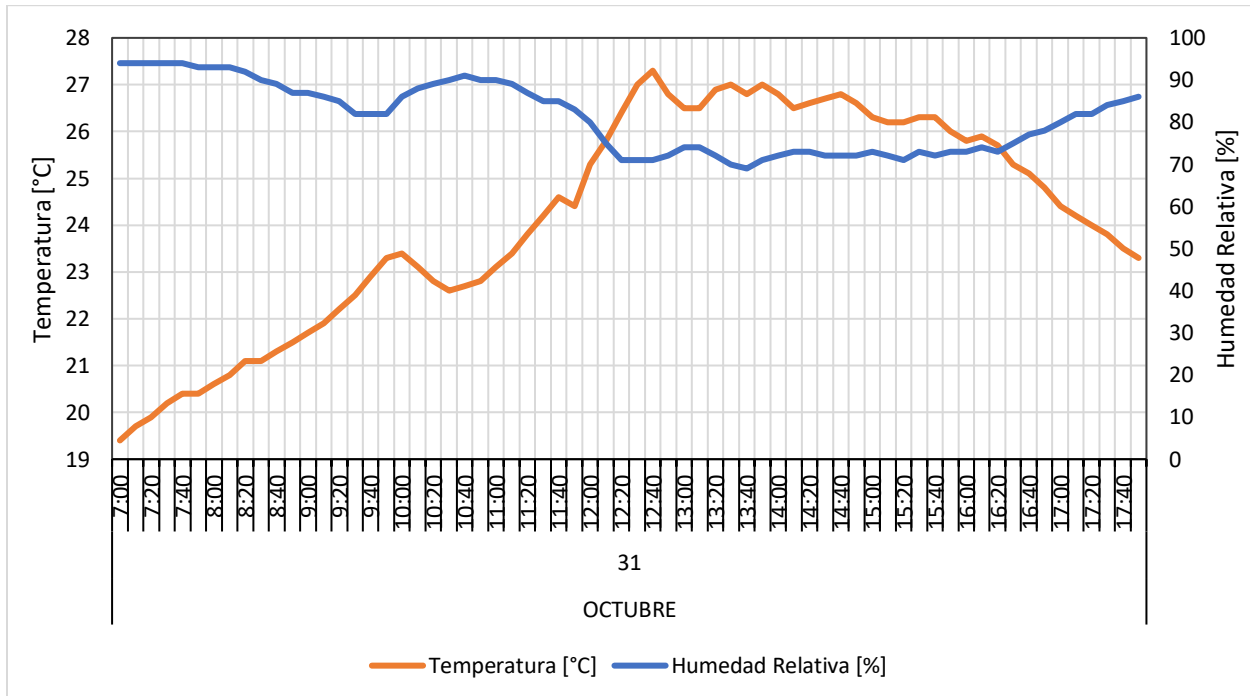


Figura B25

Temperatura y Humedad relativa para el 1 de noviembre de 2021

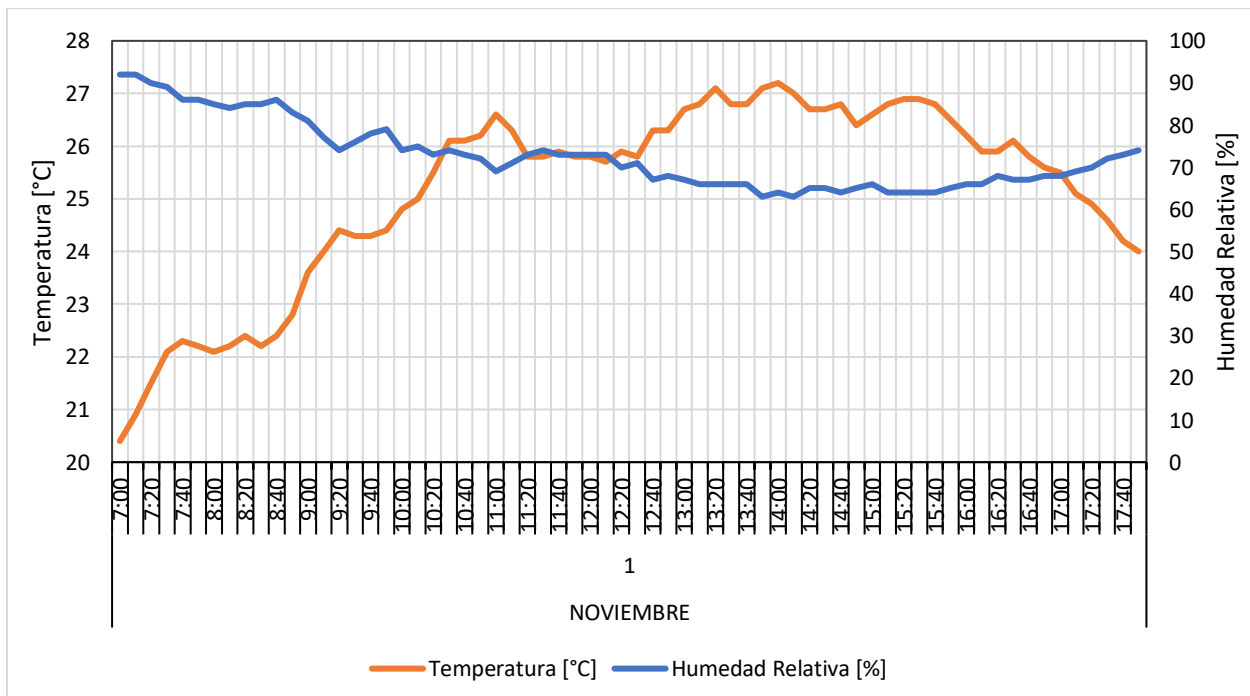


Figura B26

Temperatura y Humedad relativa para el 2 de noviembre de 2021

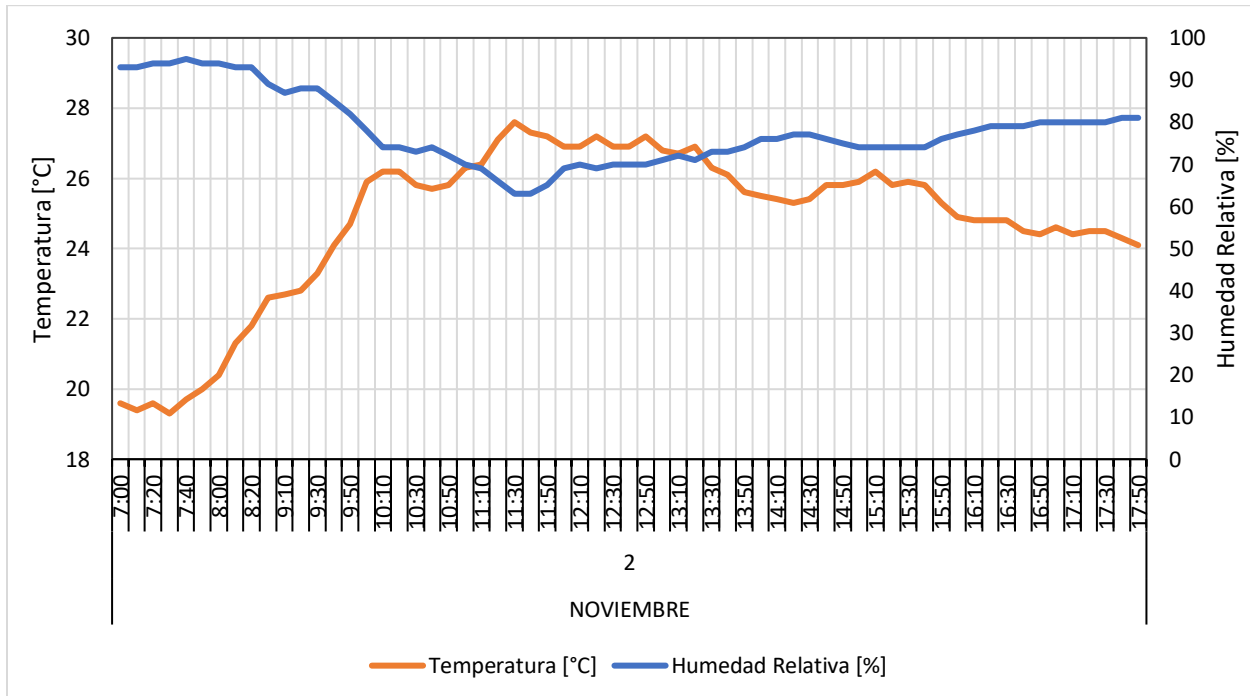


Figura B27

Temperatura y Humedad relativa para el 3 de noviembre de 2021

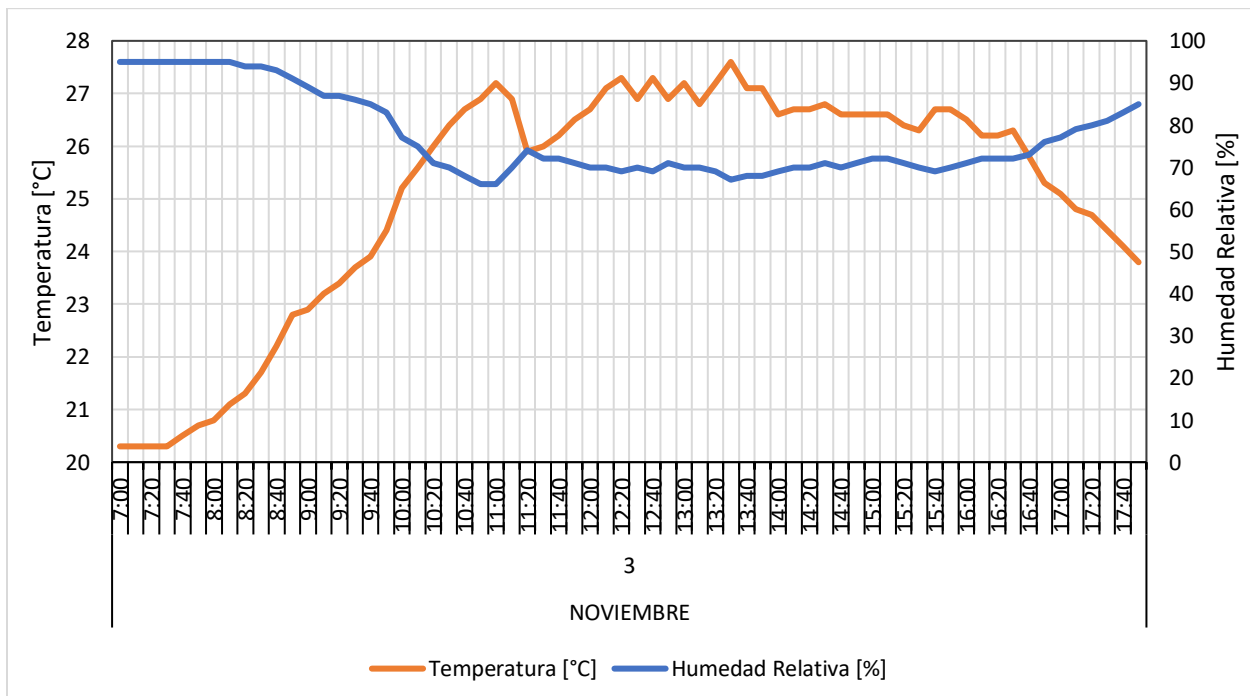


Figura B28

Temperatura y Humedad relativa para el 4 de noviembre de 2021

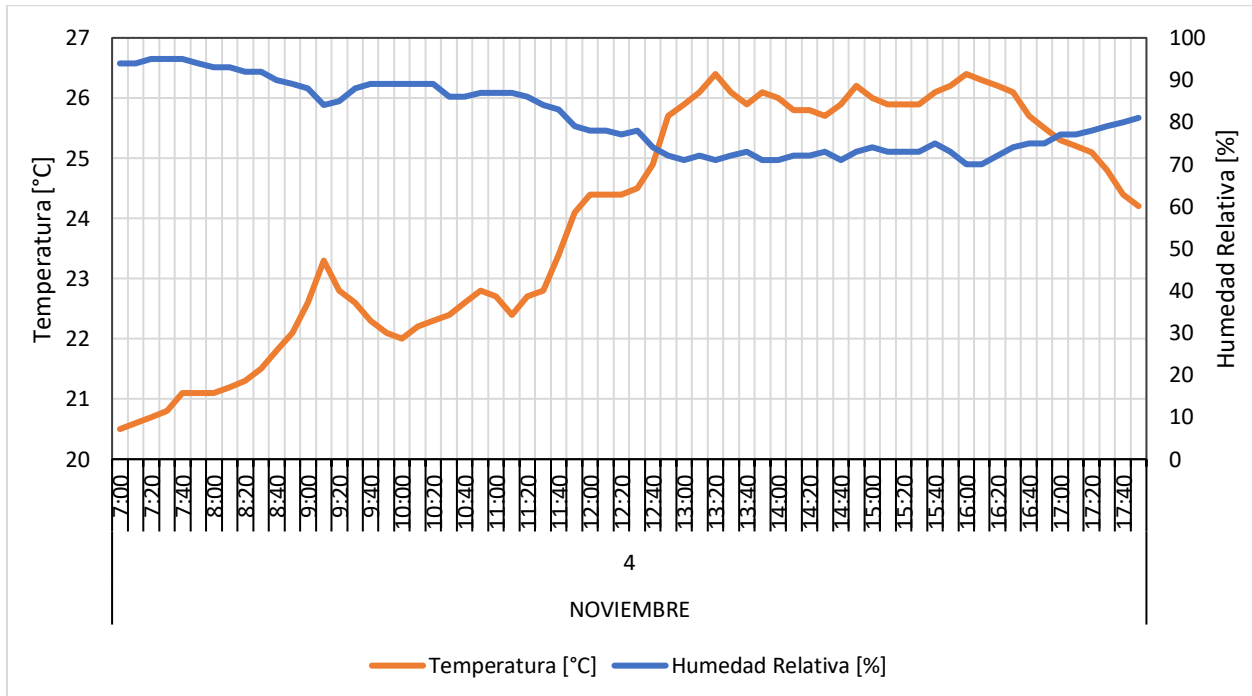


Figura B29

Temperatura y Humedad relativa para el 5 de noviembre de 2021

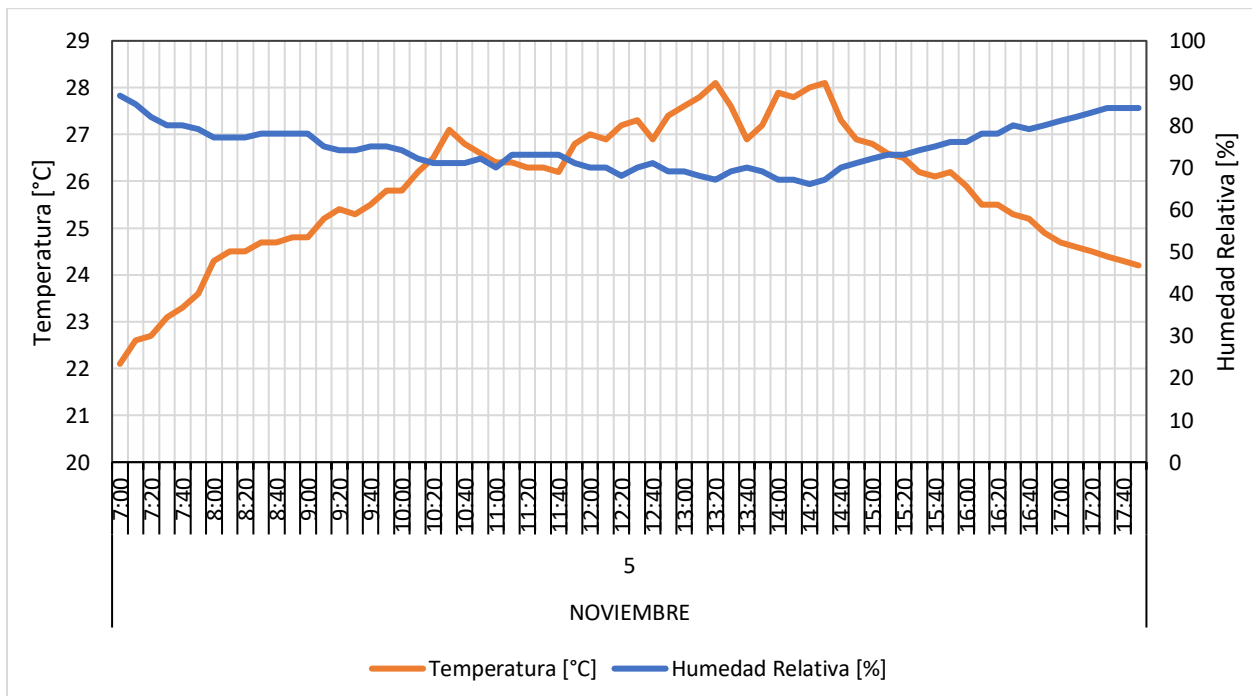


Figura B30

Temperatura y Humedad relativa para el 6 de noviembre de 2021

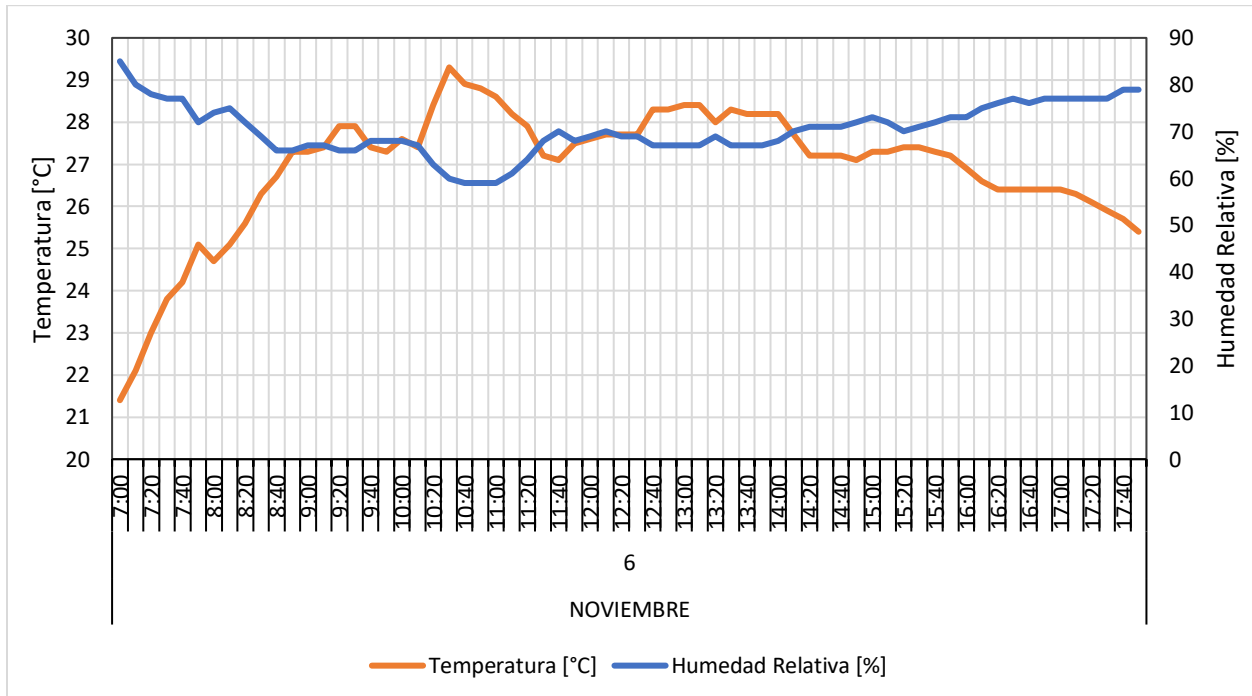
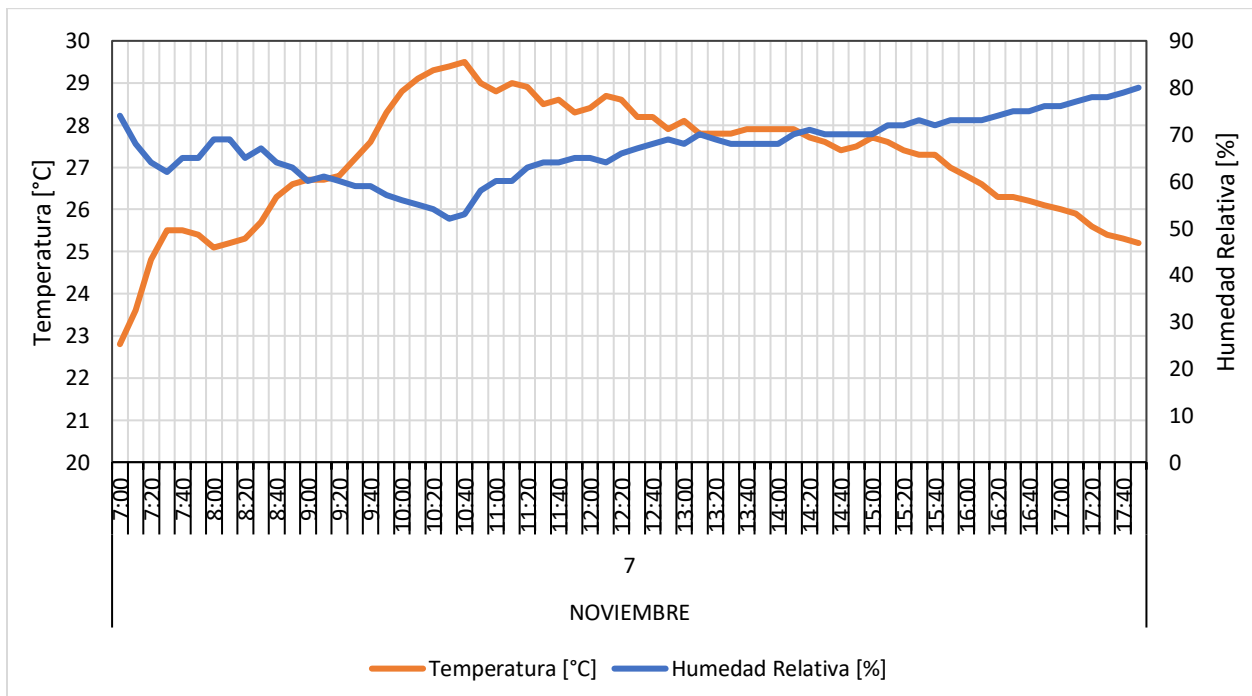


Figura B31

Temperatura y Humedad relativa para el 7 de noviembre de 2021



B.2. Concentración de CO y CO₂

Figura B32

Concentración de CO y CO₂ para el 8 de octubre de 2021

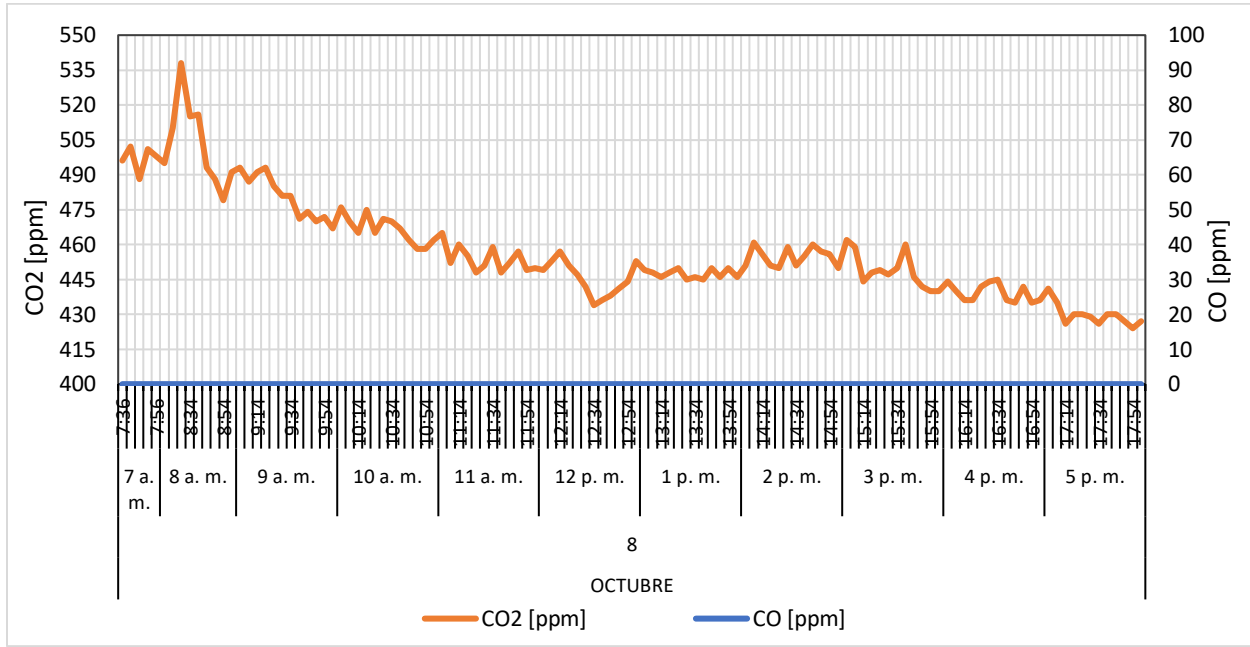


Figura B33

Concentración de CO y CO₂ para el 9 de octubre de 2021

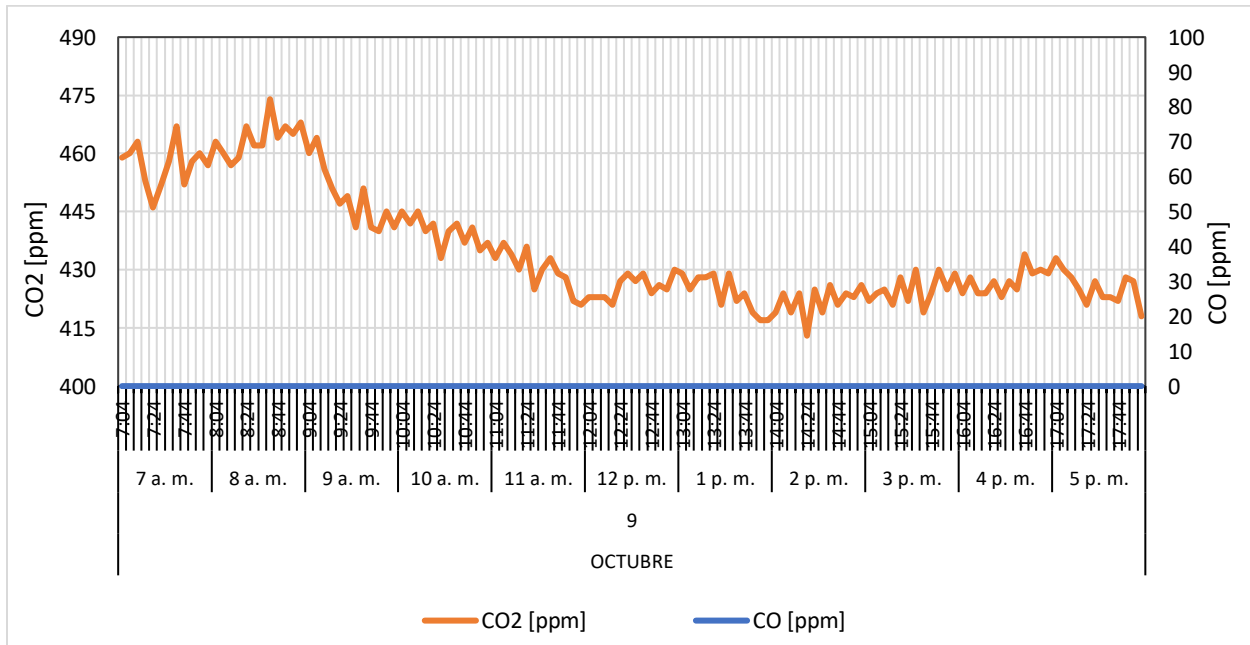


Figura B34

Concentración de CO y CO₂ para el 10 de octubre de 2021

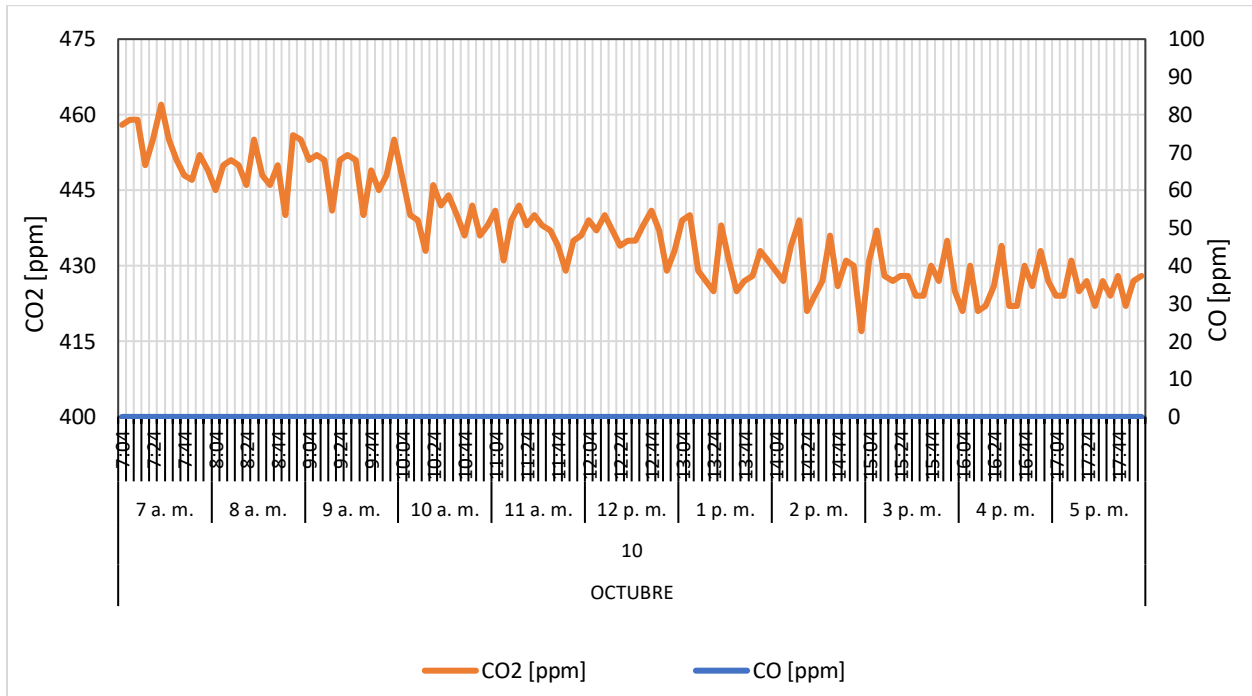


Figura B35

Concentración de CO y CO₂ para el 11 de octubre de 2021

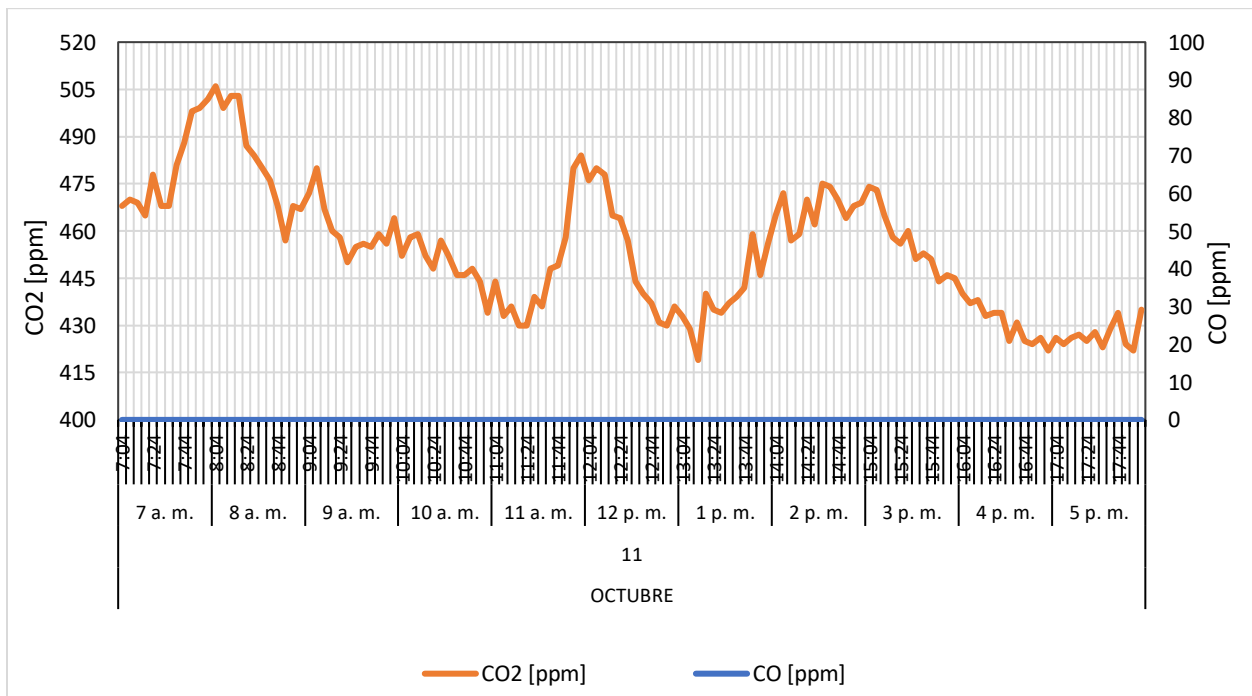


Figura B36

Concentración de CO y CO₂ para el 12 de octubre de 2021

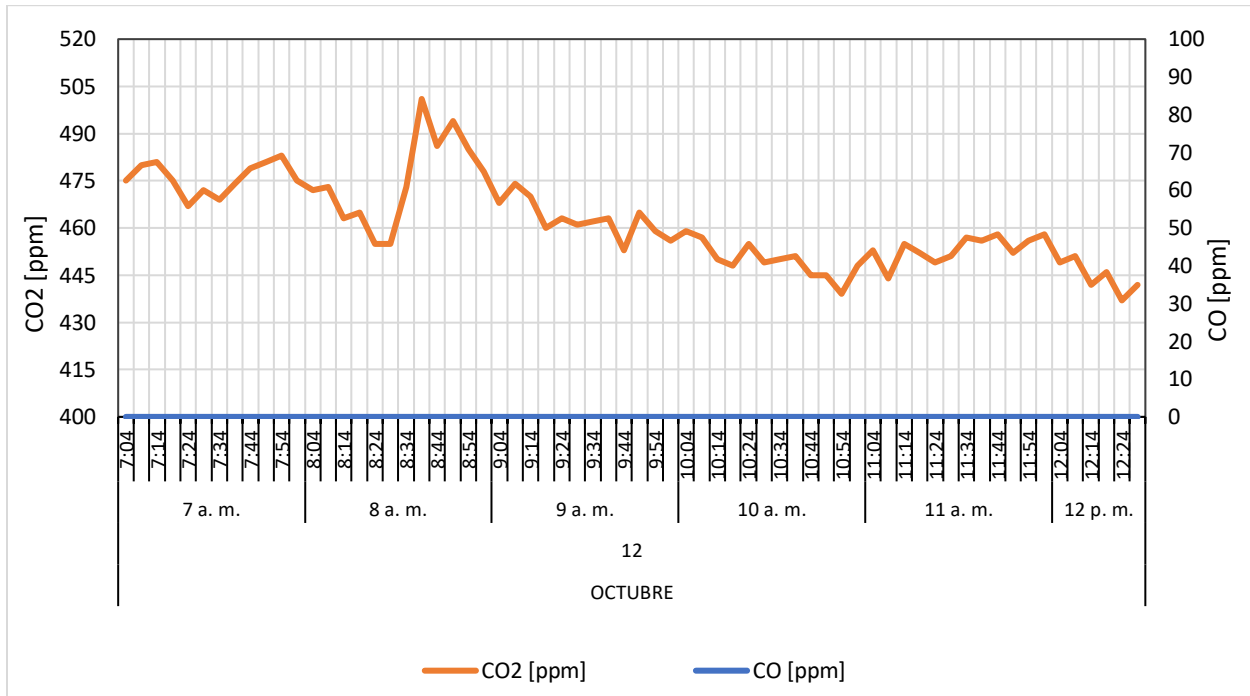


Figura B37

Concentración de CO y CO₂ para el 13 de octubre de 2021

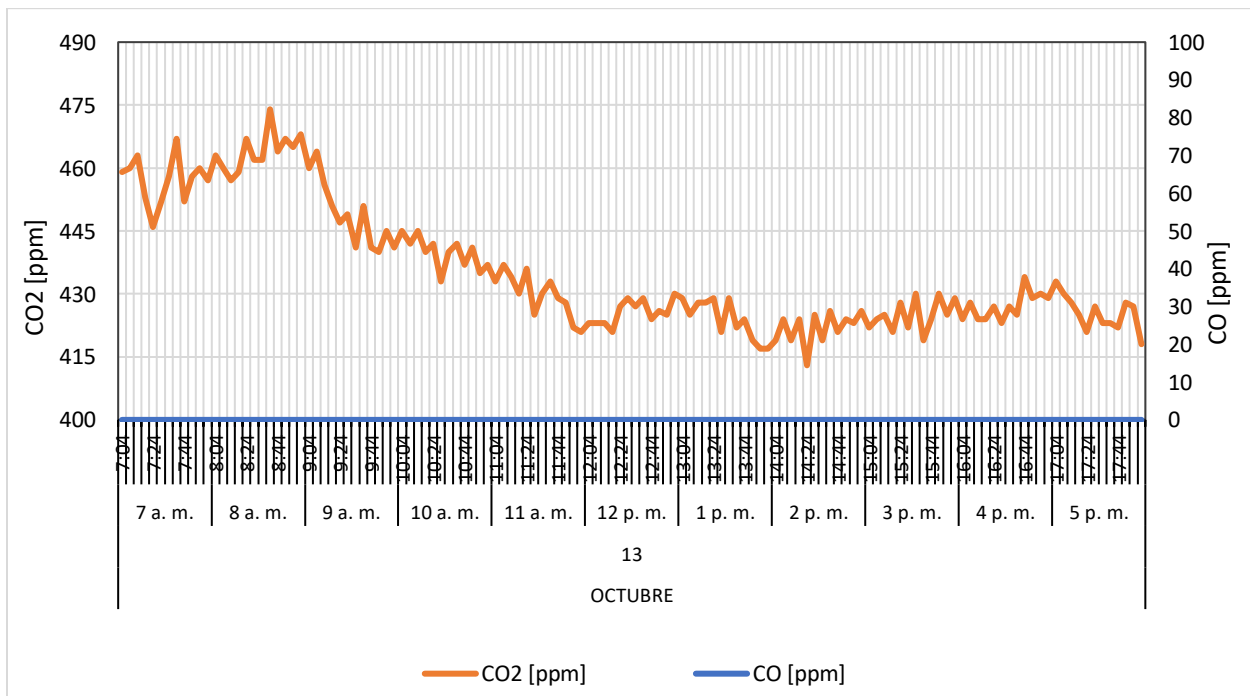


Figura B38

Concentración de CO y CO₂ para el 14 de octubre de 2021

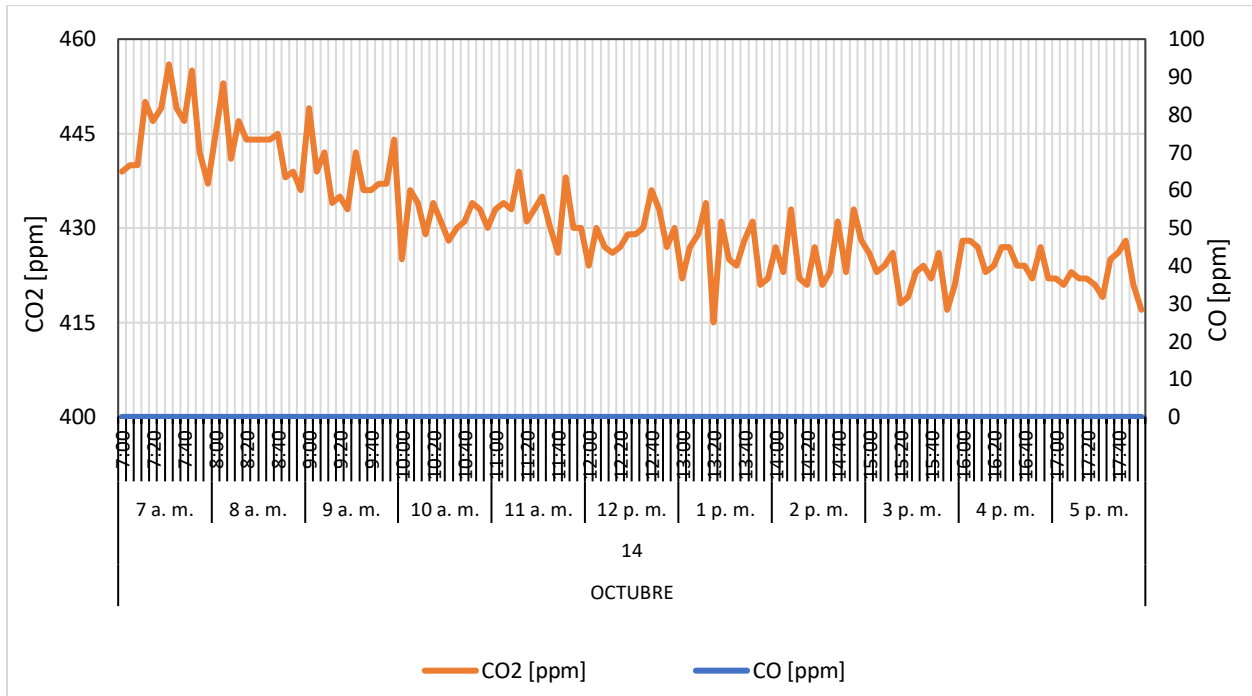


Figura B39

Concentración de CO y CO₂ para el 16 de octubre de 2021

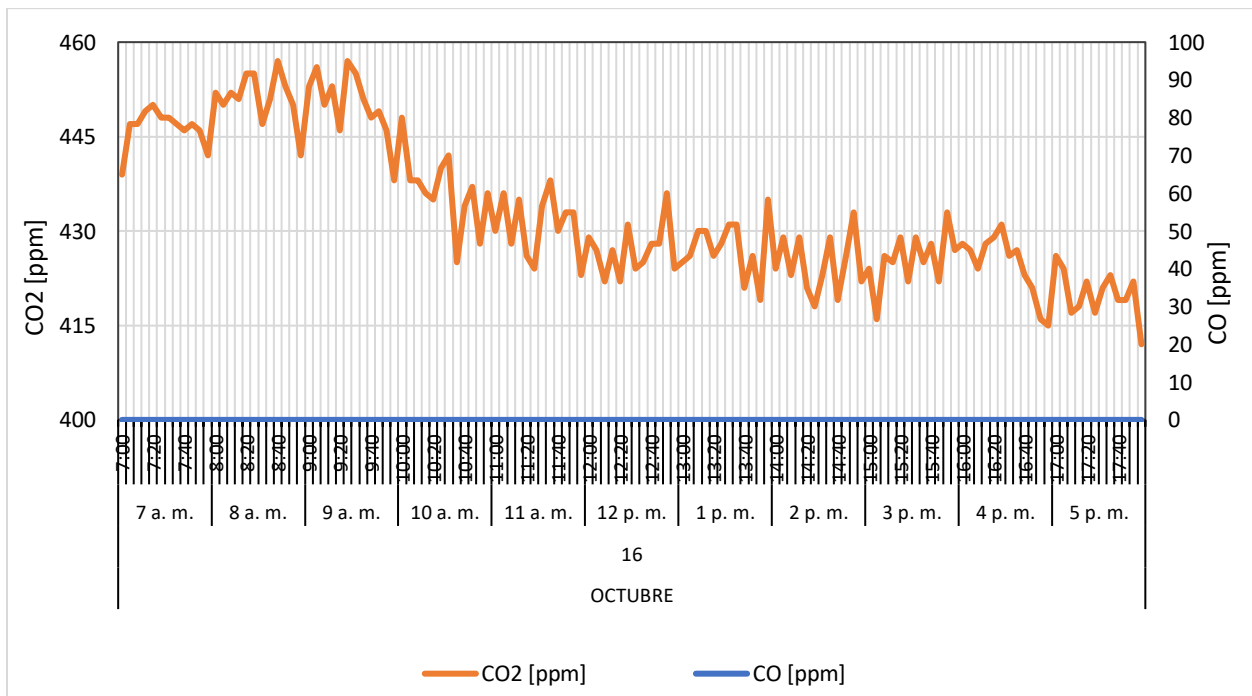


Figura B40

Concentración de CO y CO₂ para el 17 de octubre de 2021

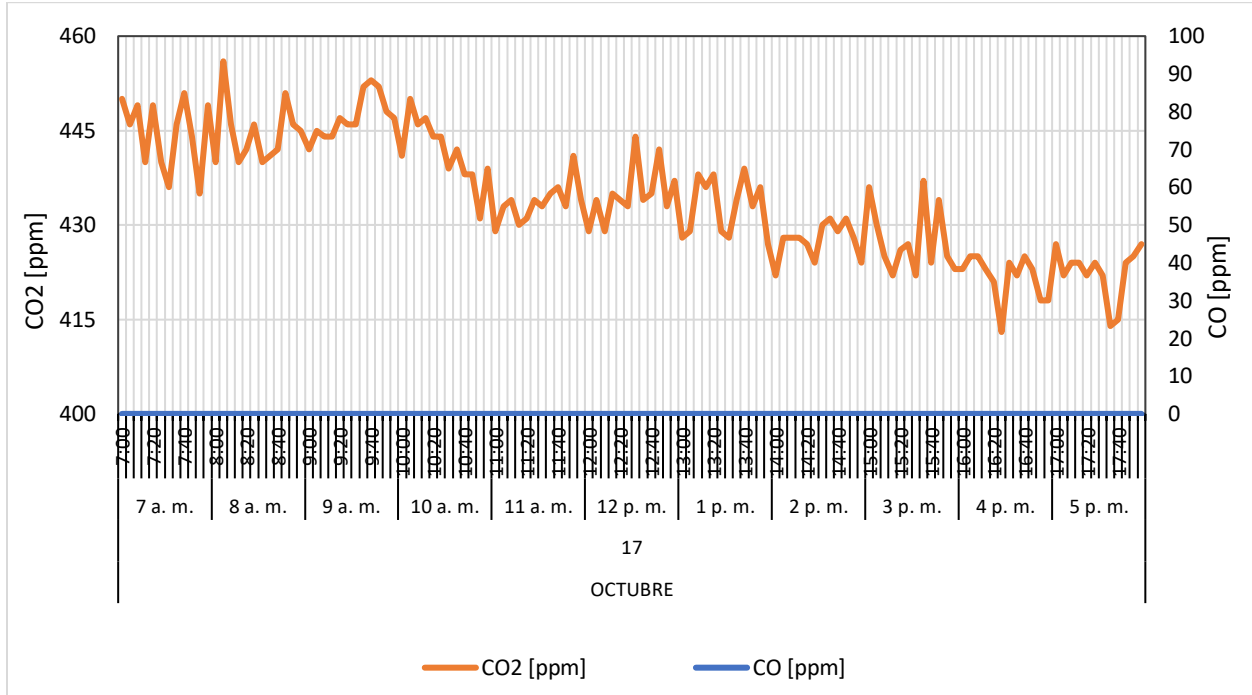


Figura B41

Concentración de CO y CO₂ para el 18 de octubre de 2021

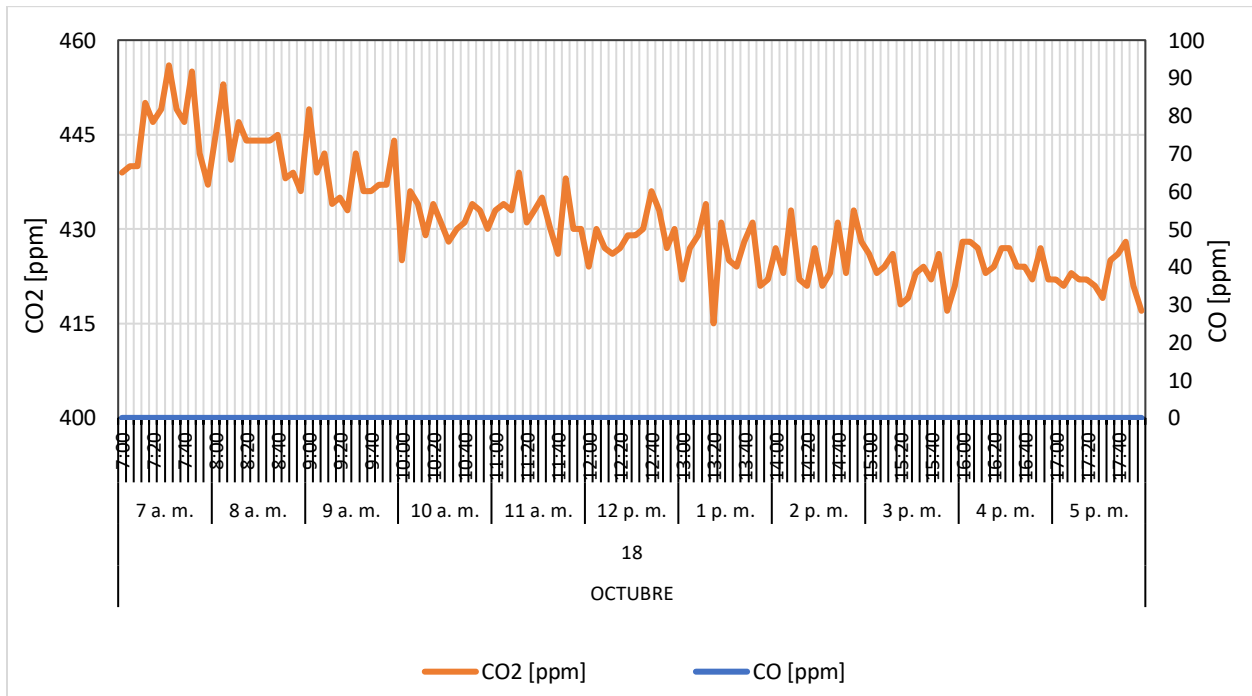


Figura B42

Concentración de CO y CO₂ para el 19 de octubre de 2021

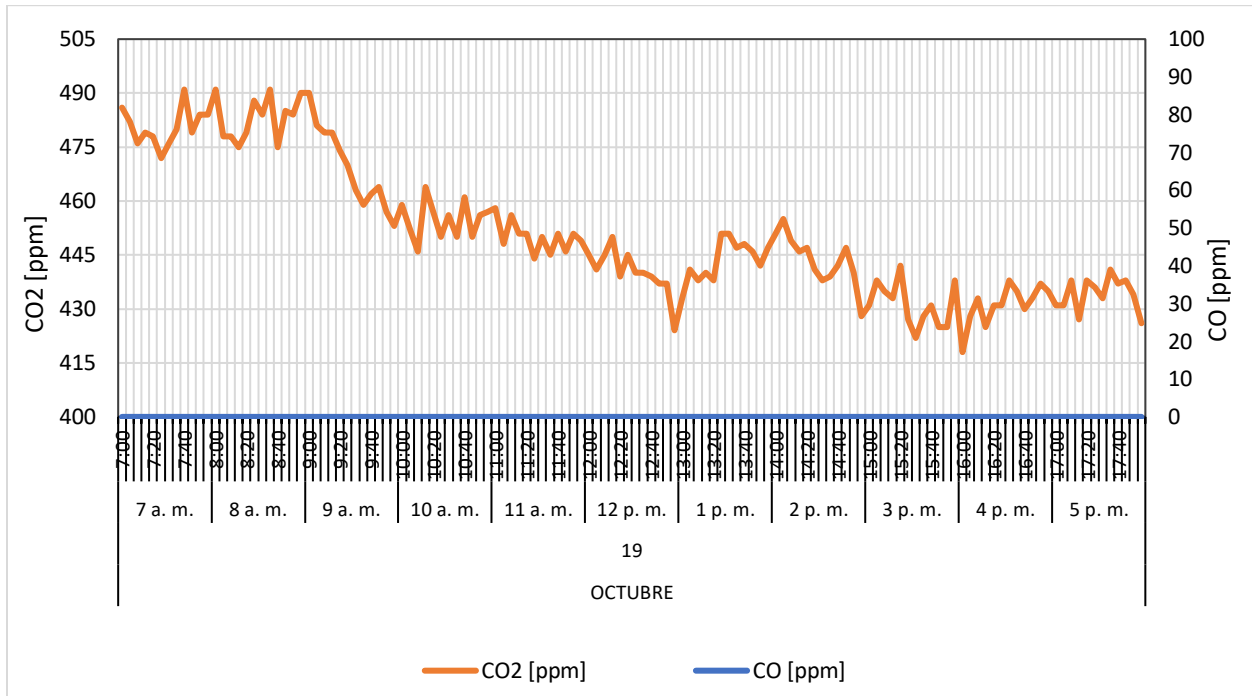


Figura B43

Concentración de CO y CO₂ para el 20 de octubre de 2021

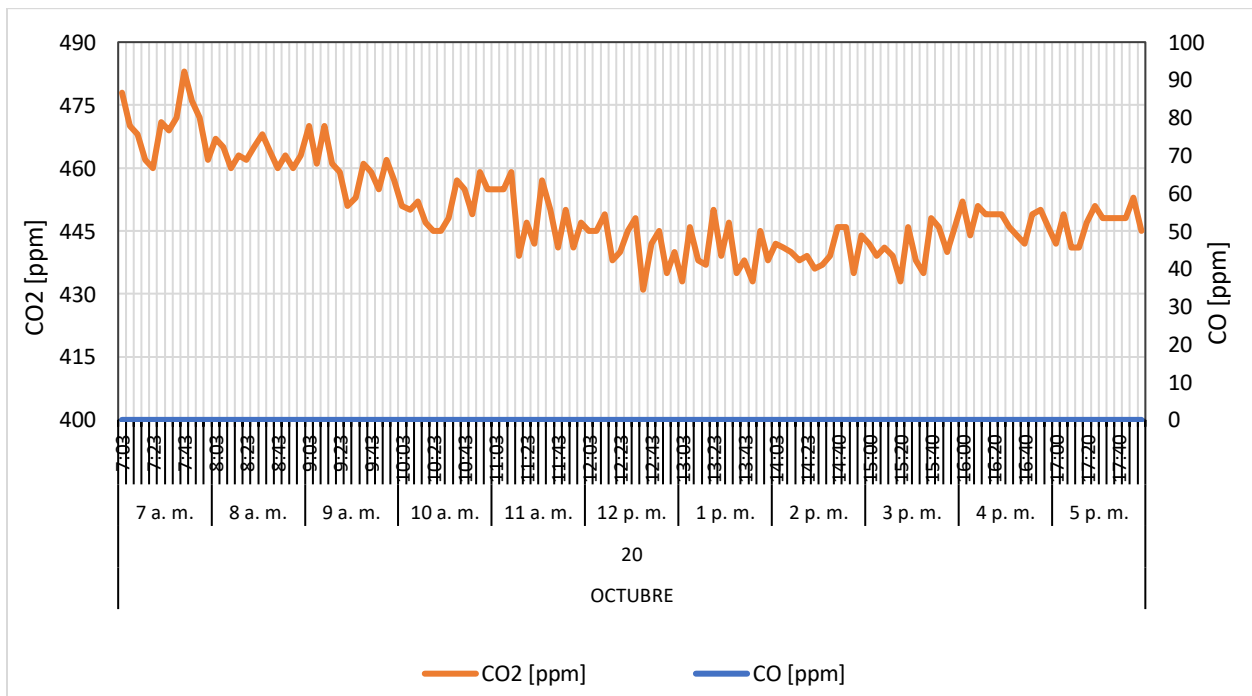


Figura B44

Concentración de CO y CO₂ para el 20 de octubre de 2021

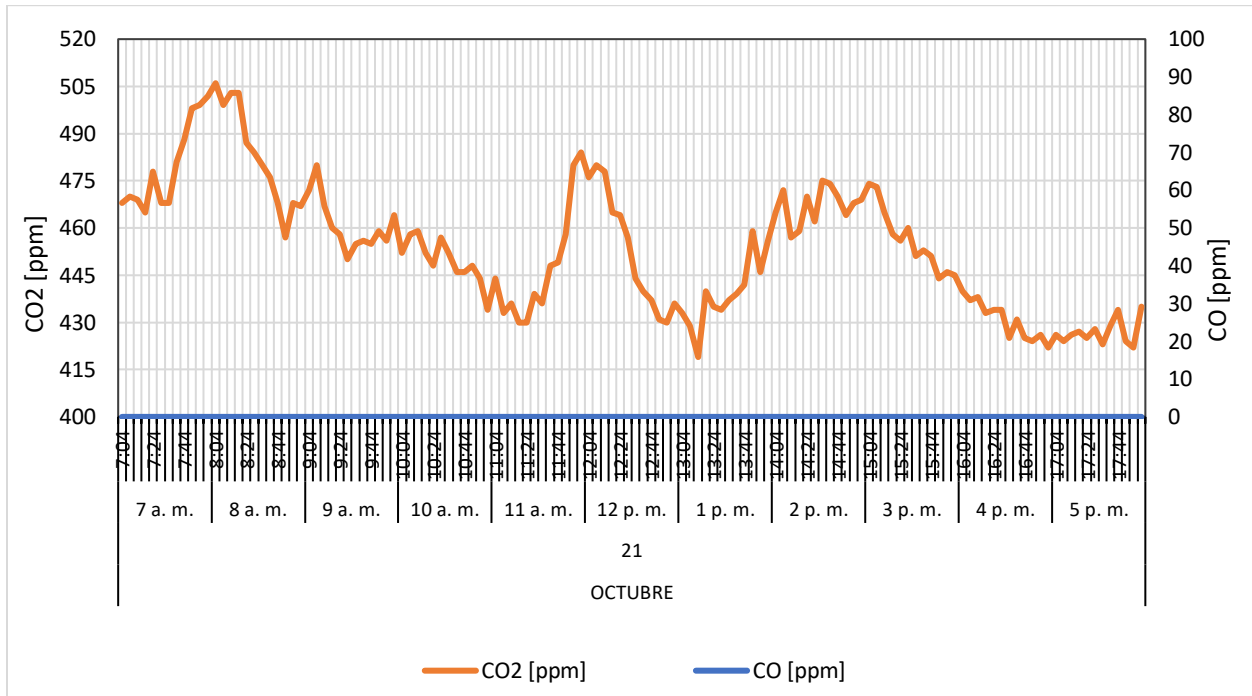


Figura B45

Concentración de CO y CO₂ para el 22 de octubre de 2021

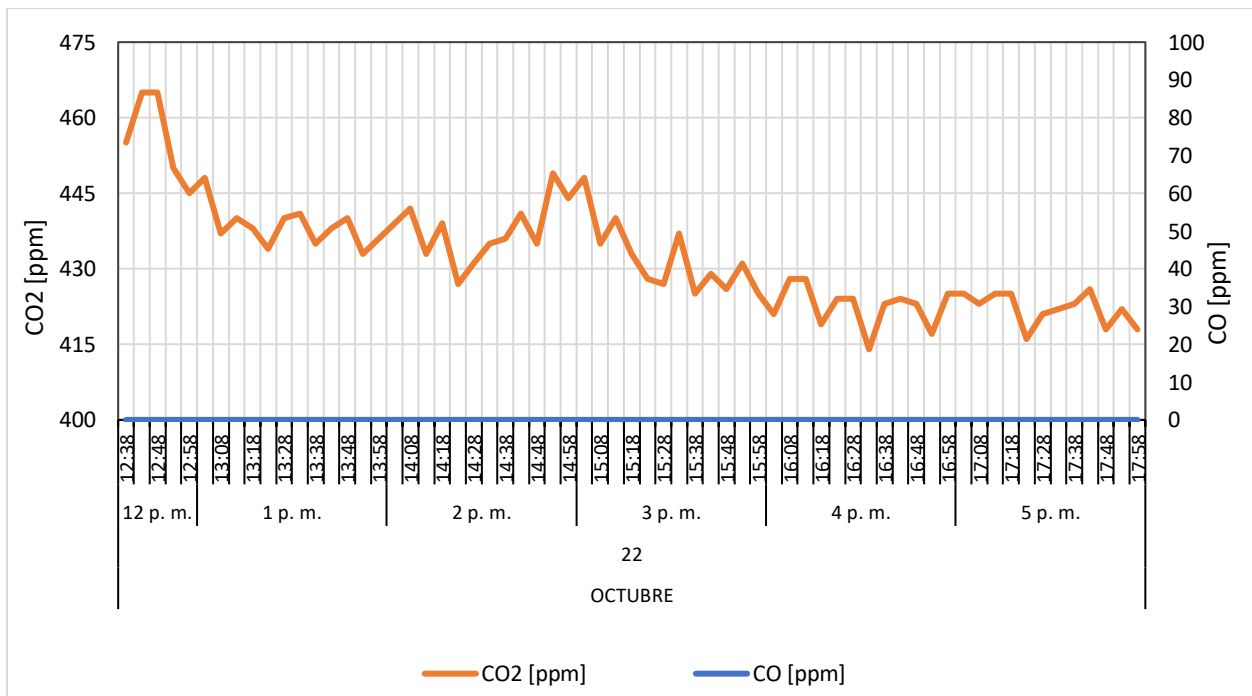


Figura B46

Concentración de CO y CO₂ para el 23 de octubre de 2021

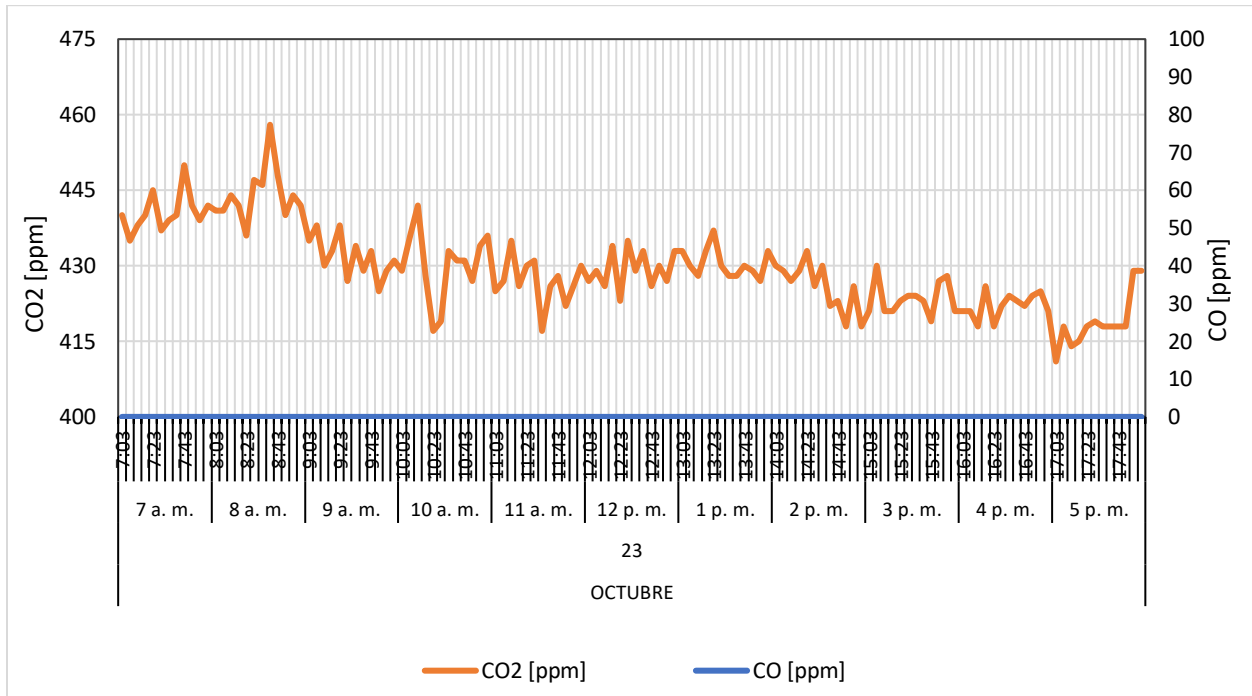


Figura B47

Concentración de CO y CO₂ para el 24 de octubre de 2021

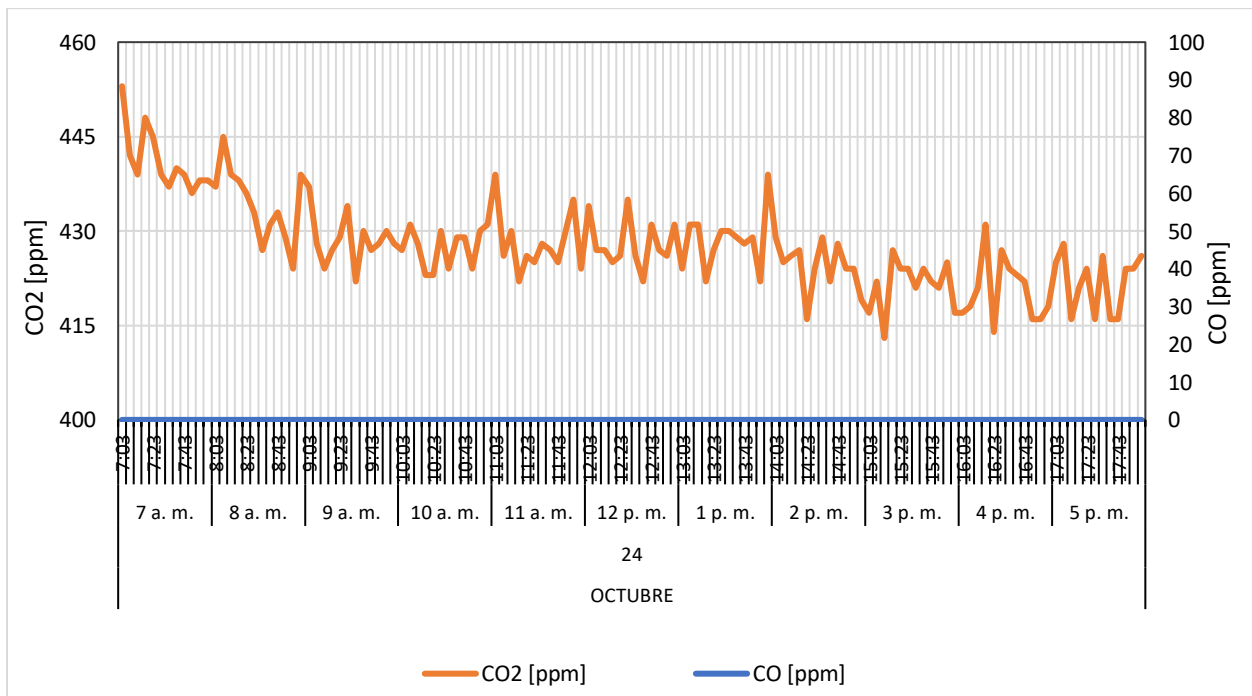


Figura B48

Concentración de CO y CO₂ para el 25 de octubre de 2021

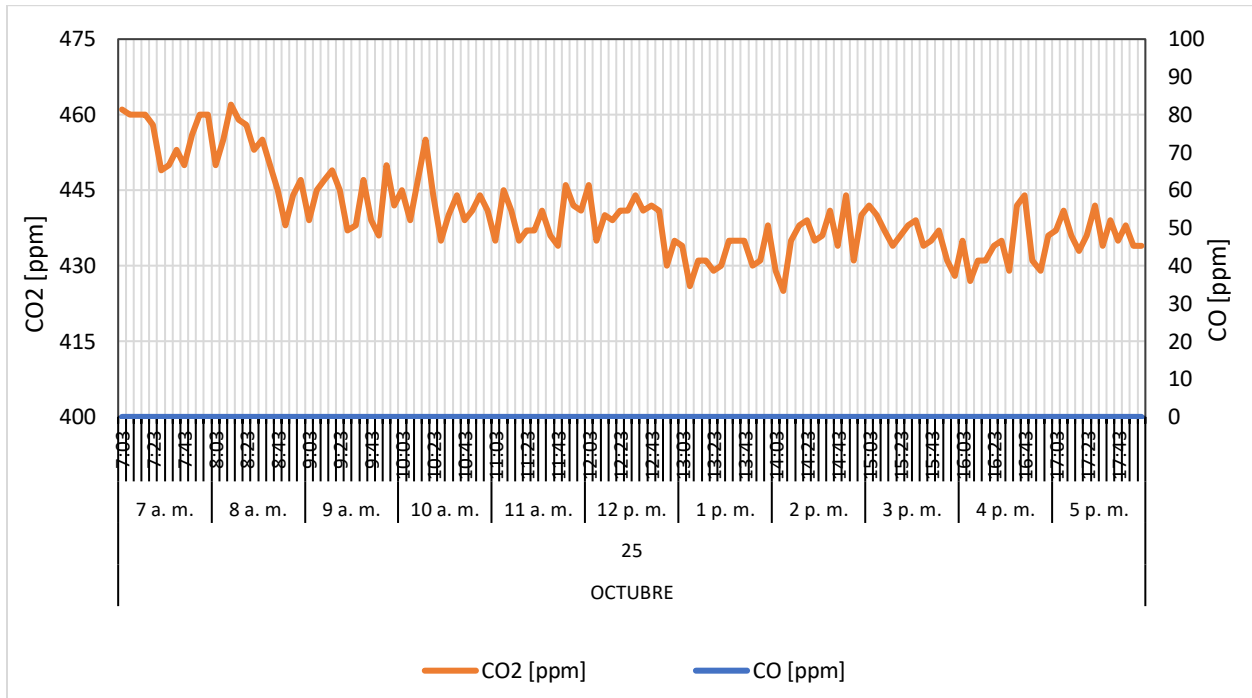


Figura B49

Concentración de CO y CO₂ para el 26 de octubre de 2021

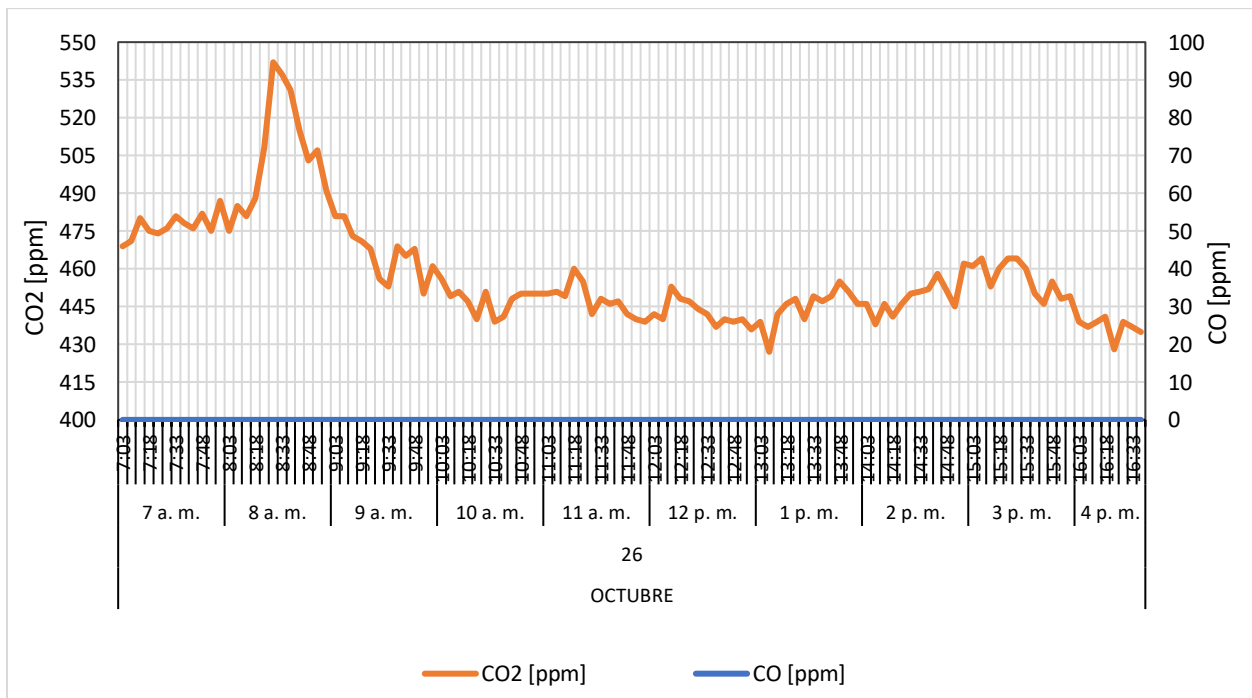


Figura B50

Concentración de CO y CO₂ para el 27 de octubre de 2021

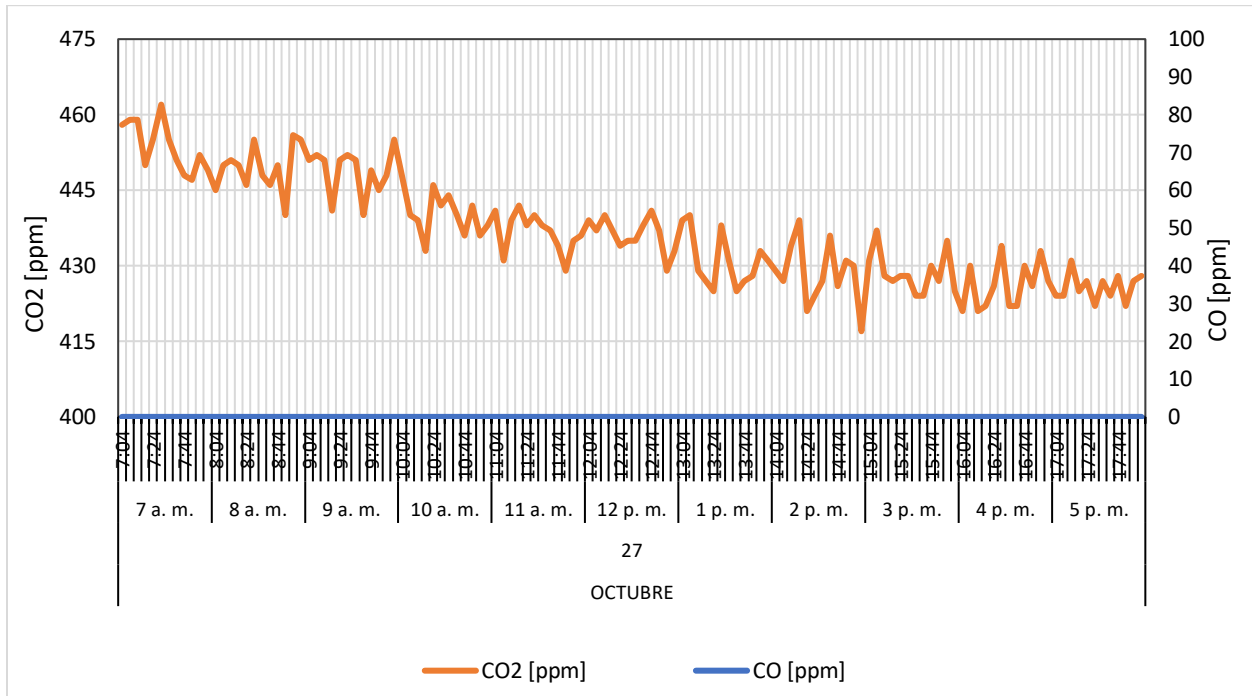


Figura B51

Concentración de CO y CO₂ para el 28 de octubre de 2021

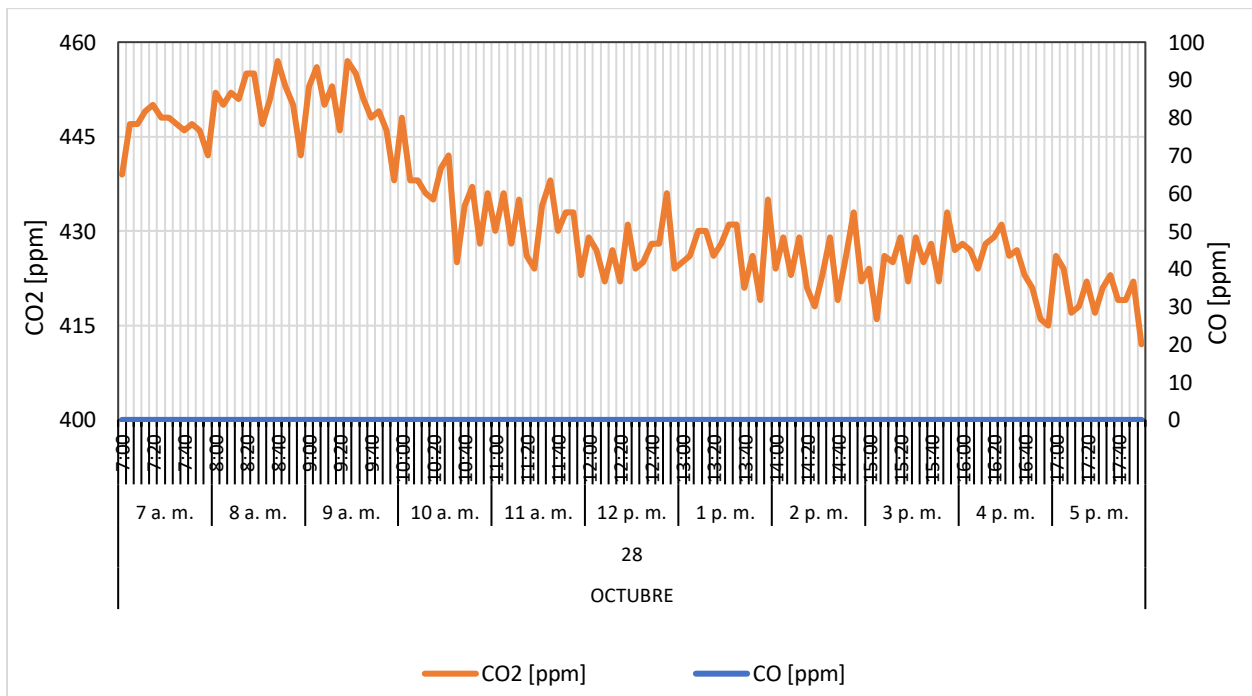


Figura B52

Concentración de CO y CO₂ para el 29 de octubre de 2021

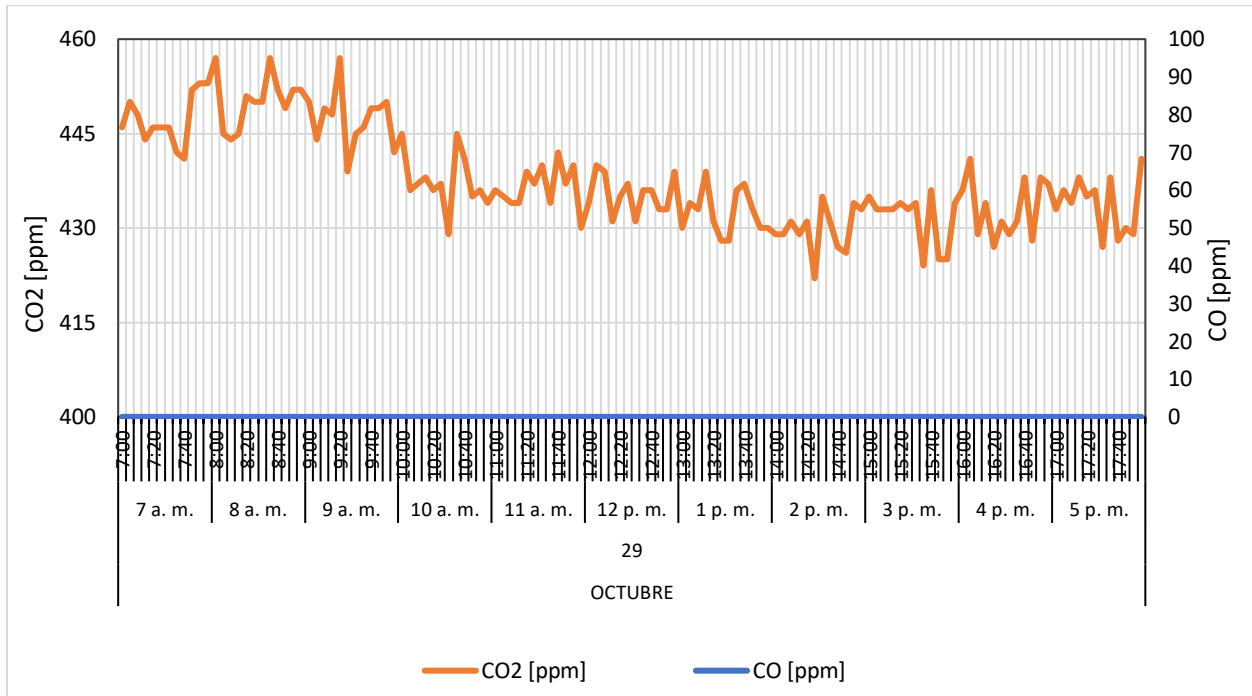


Figura B53

Concentración de CO y CO₂ para el 30 de octubre de 2021

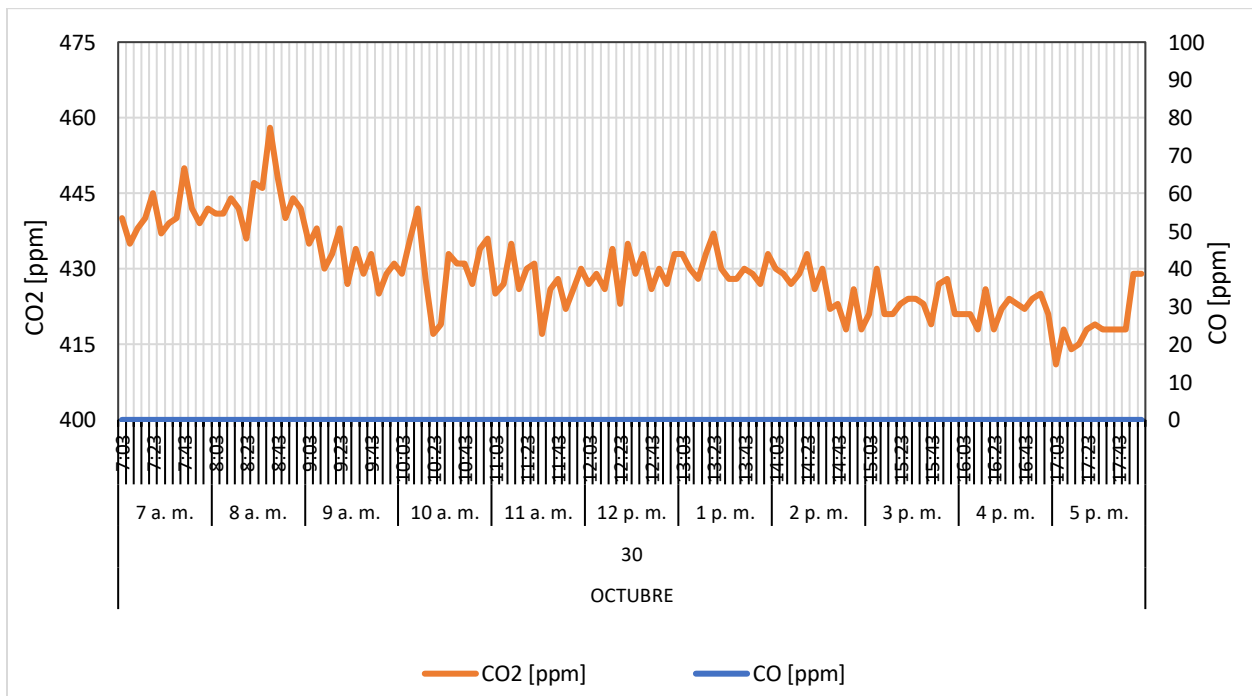


Figura B54

Concentración de CO y CO2 para el 31 de octubre de 2021

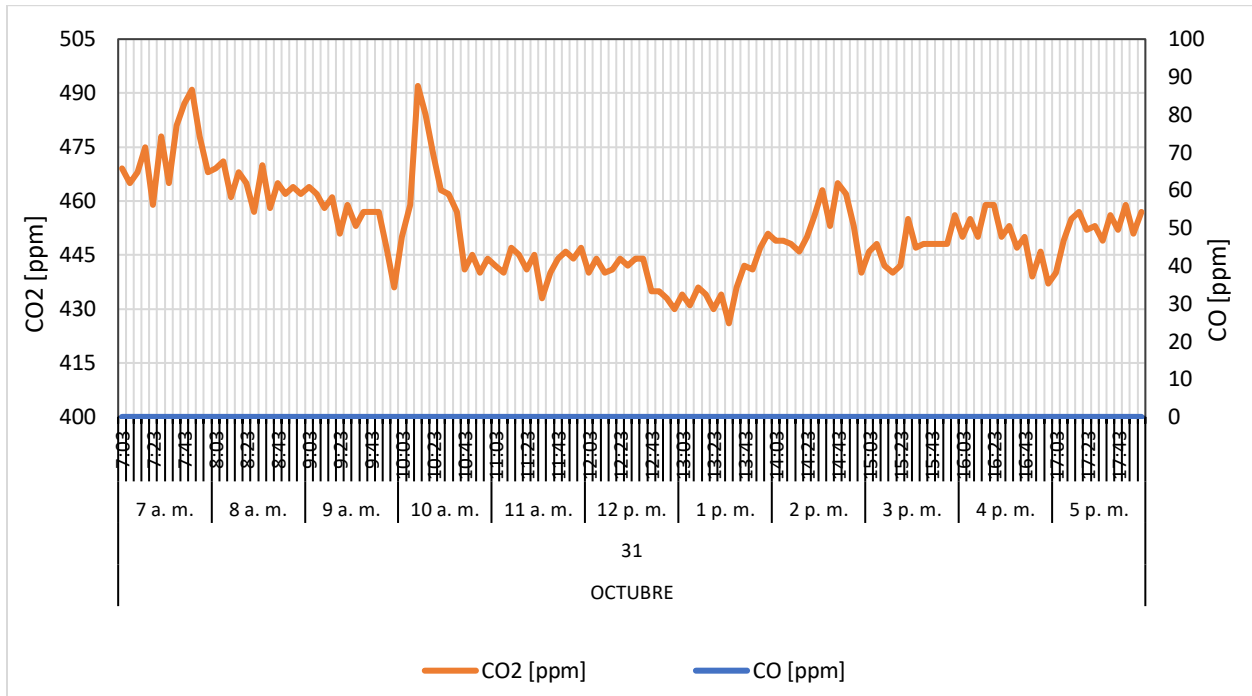


Figura B55

Concentración de CO y CO2 para el 2 de noviembre de 2021

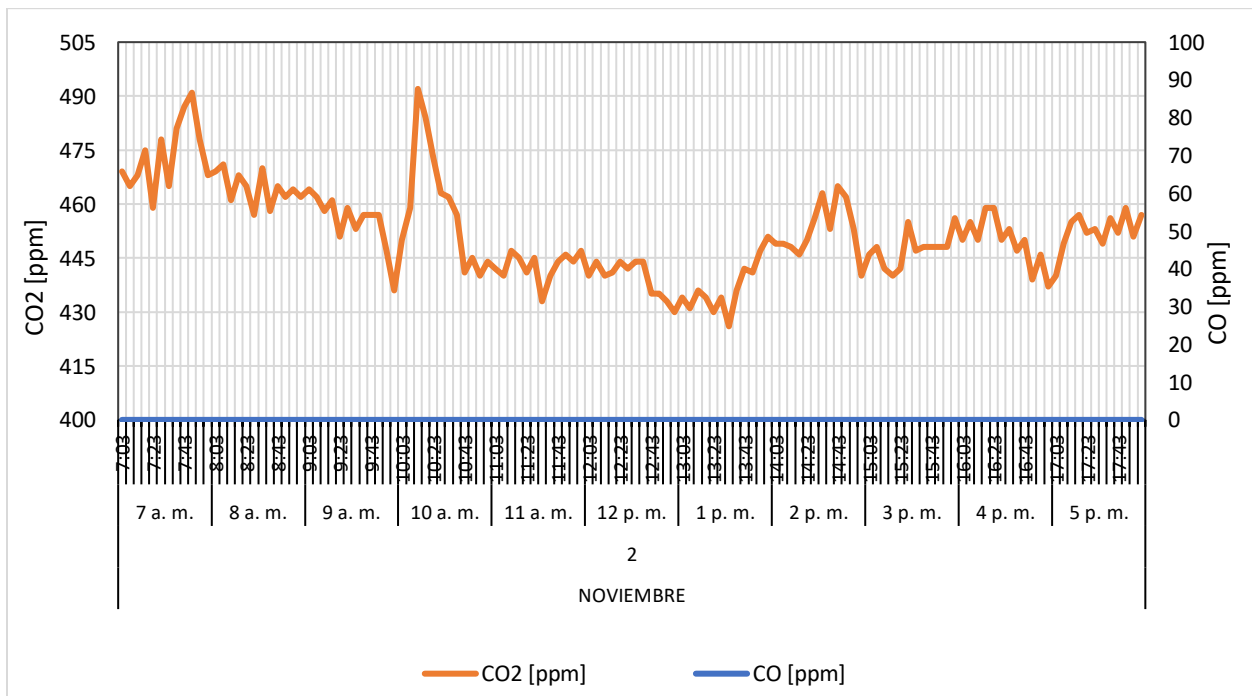


Figura B56

Concentración de CO y CO2 para el 3 de noviembre de 2021

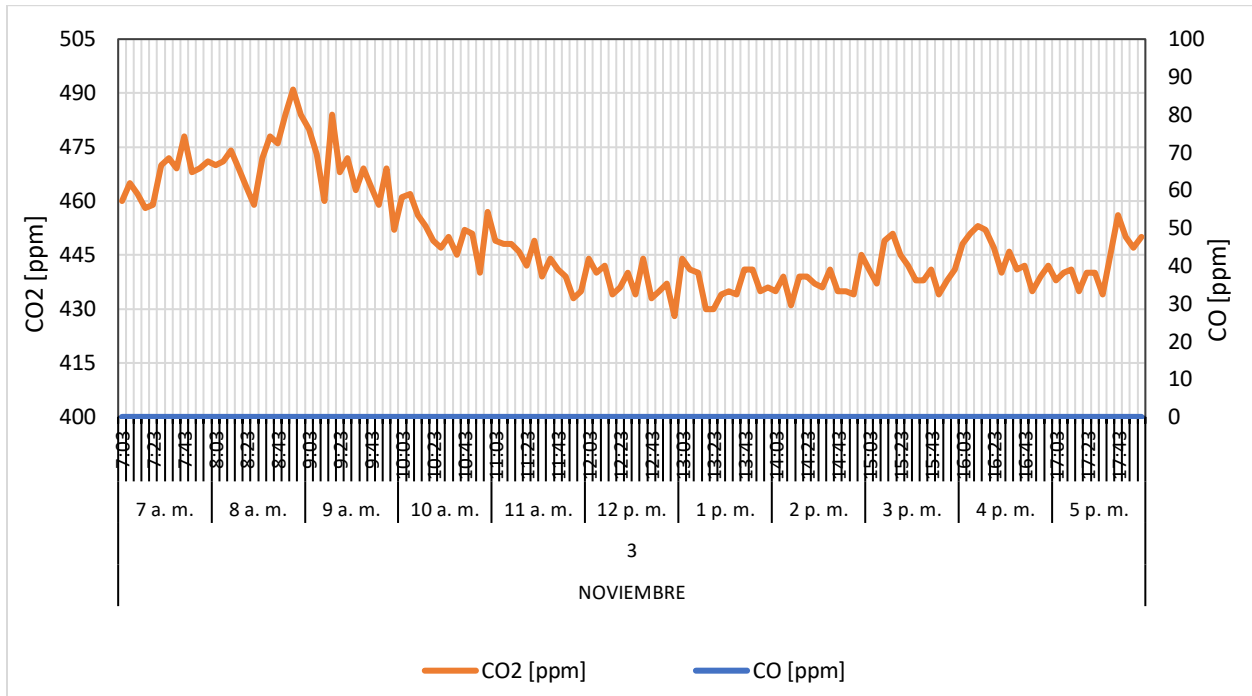


Figura B57

Concentración de CO y CO2 para el 4 de noviembre de 2021

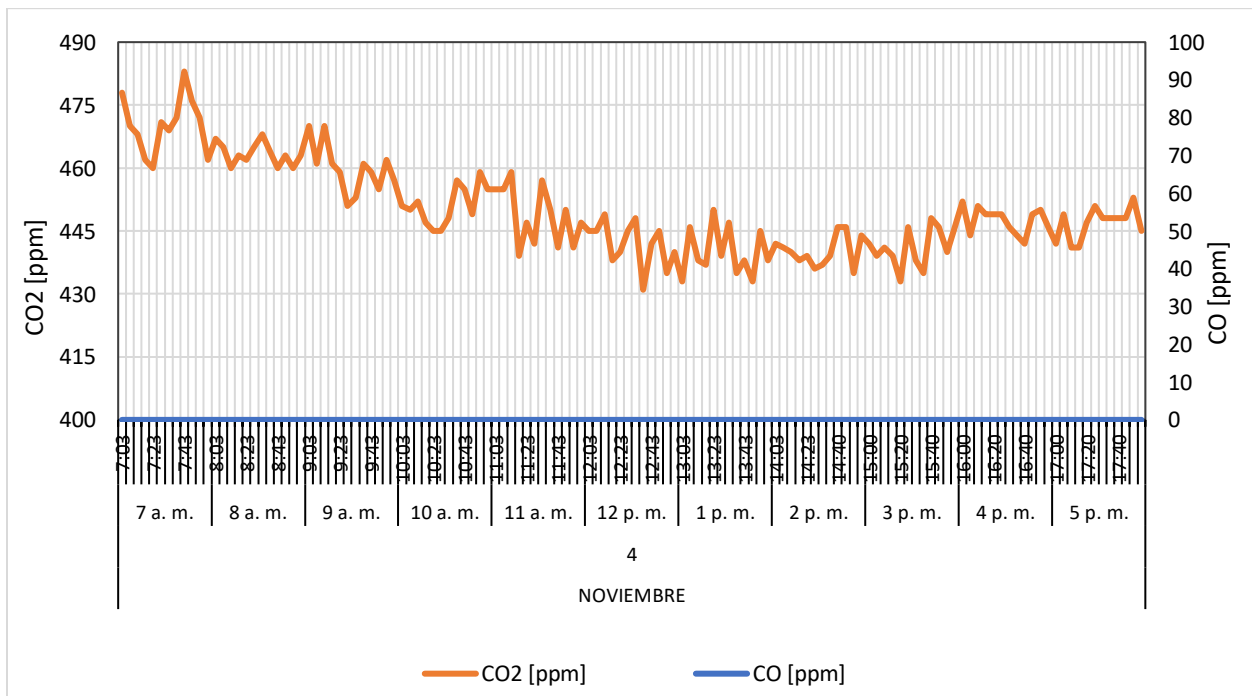


Figura B58

Concentración de CO y CO2 para el 5 de noviembre de 2021

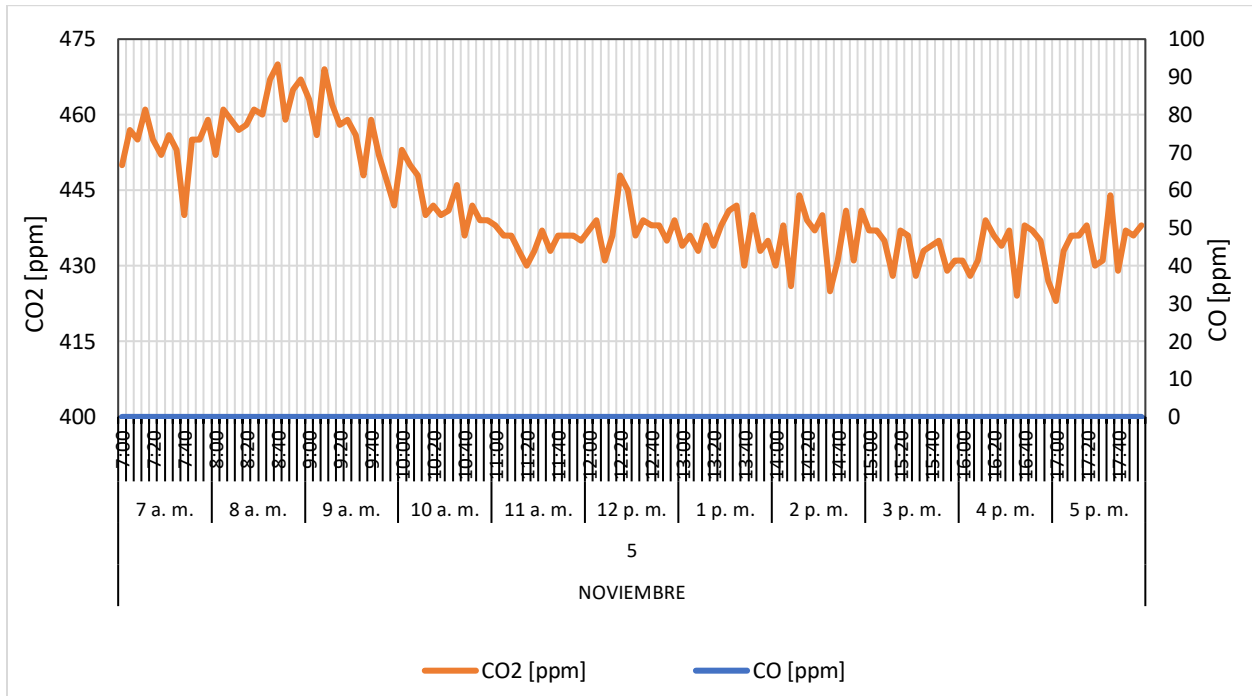


Figura B59

Concentración de CO y CO2 para el 6 de noviembre de 2021

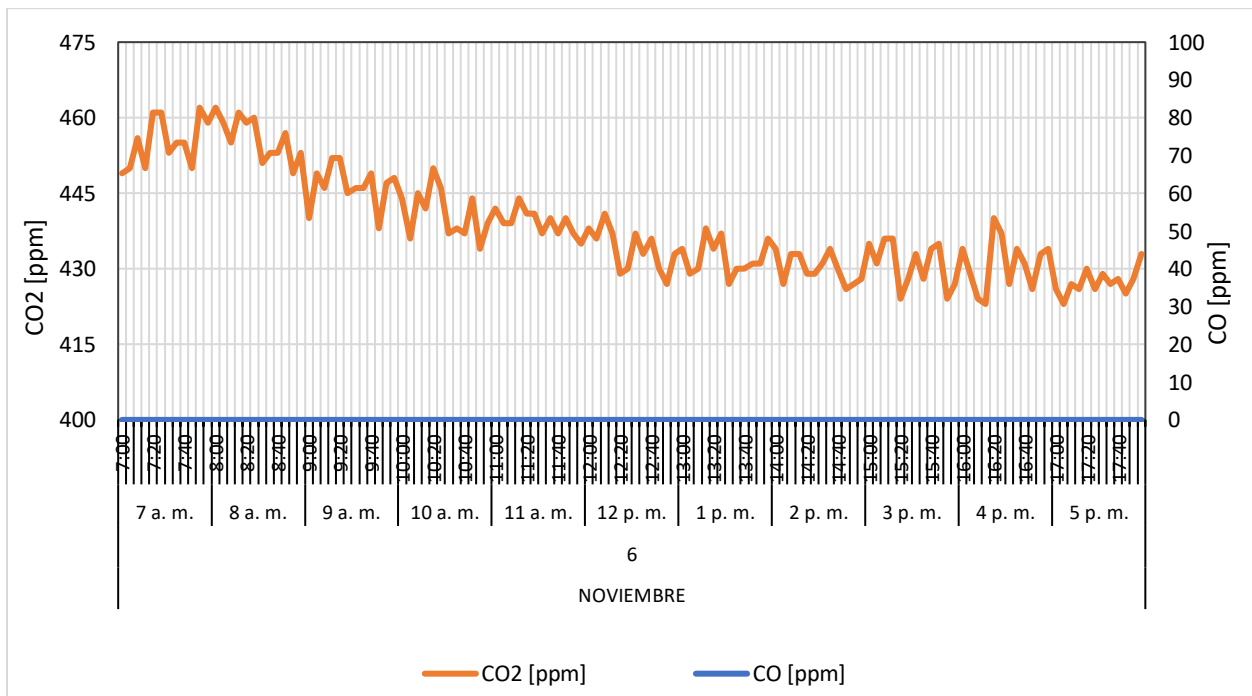
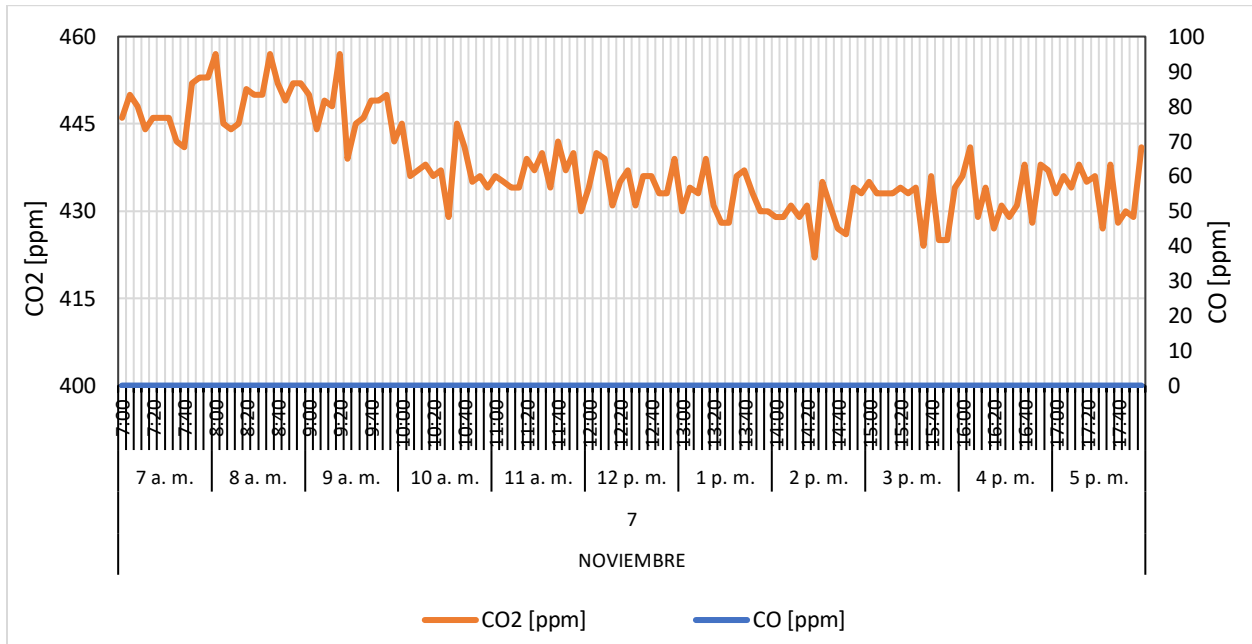


Figura B60

Concentración de CO y CO2 para el 7 de noviembre de 2021



B.3. Velocidad del aire

Figura B61

Velocidad del aire para el 8 de octubre de 2021

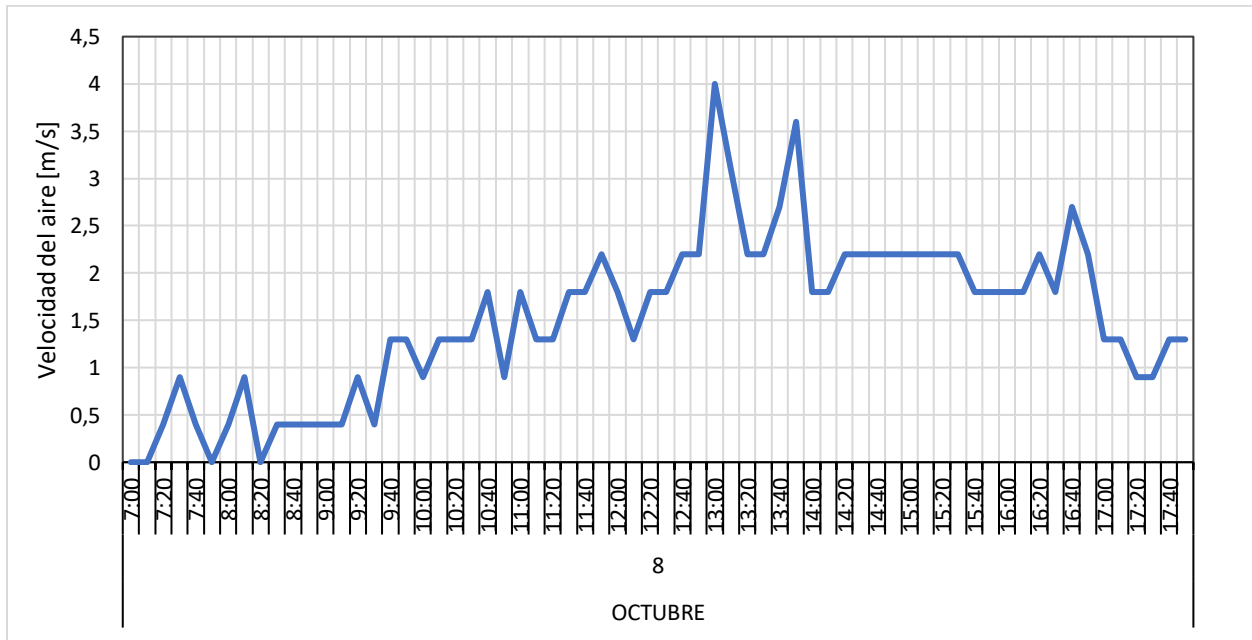


Figura B62

Velocidad del aire para el 9 de octubre de 2021

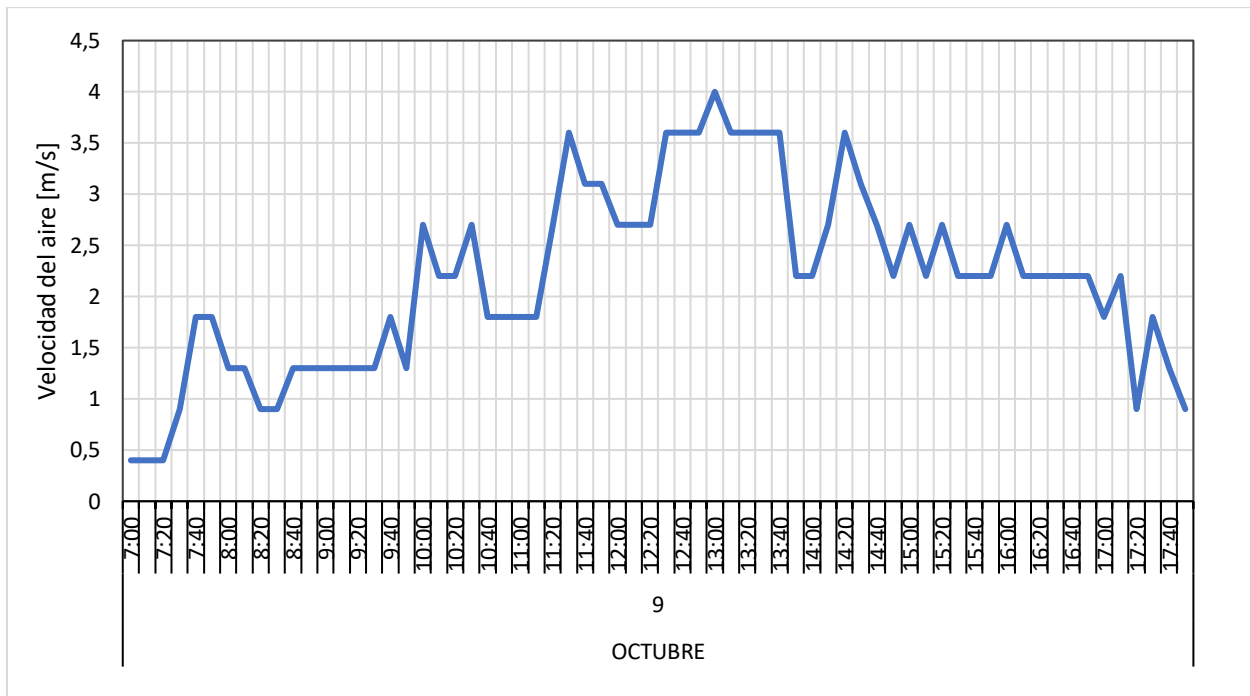


Figura B63

Velocidad del aire para el 10 de octubre de 2021

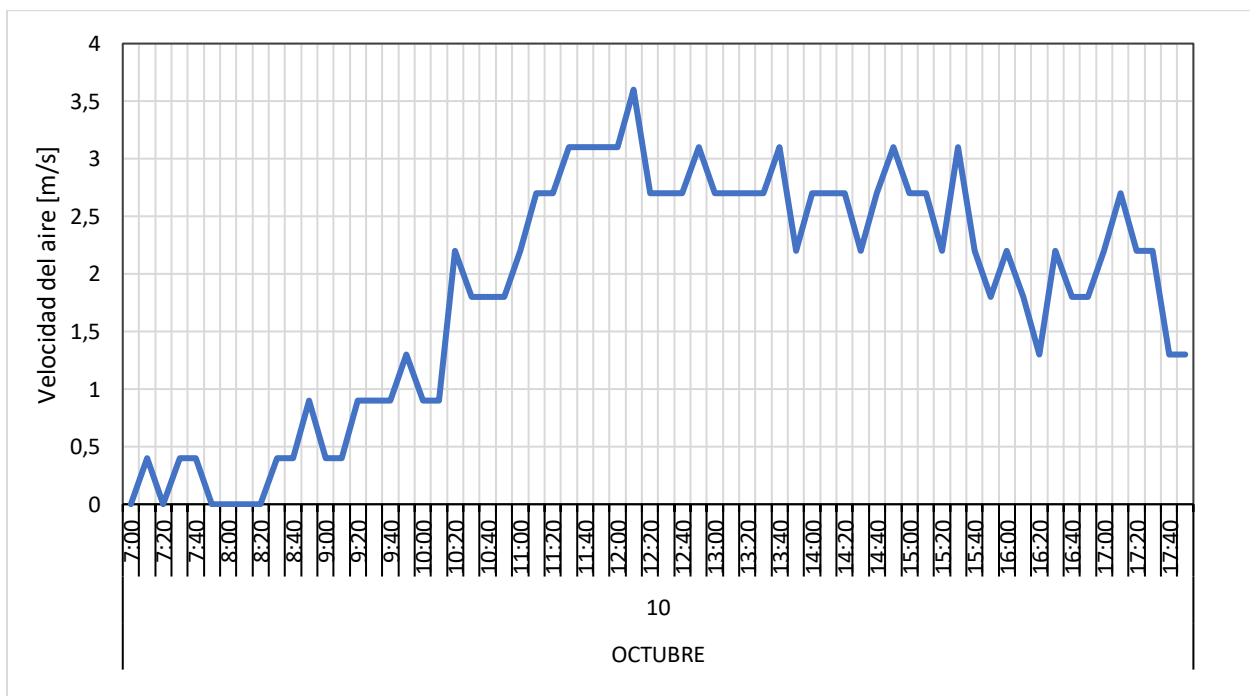


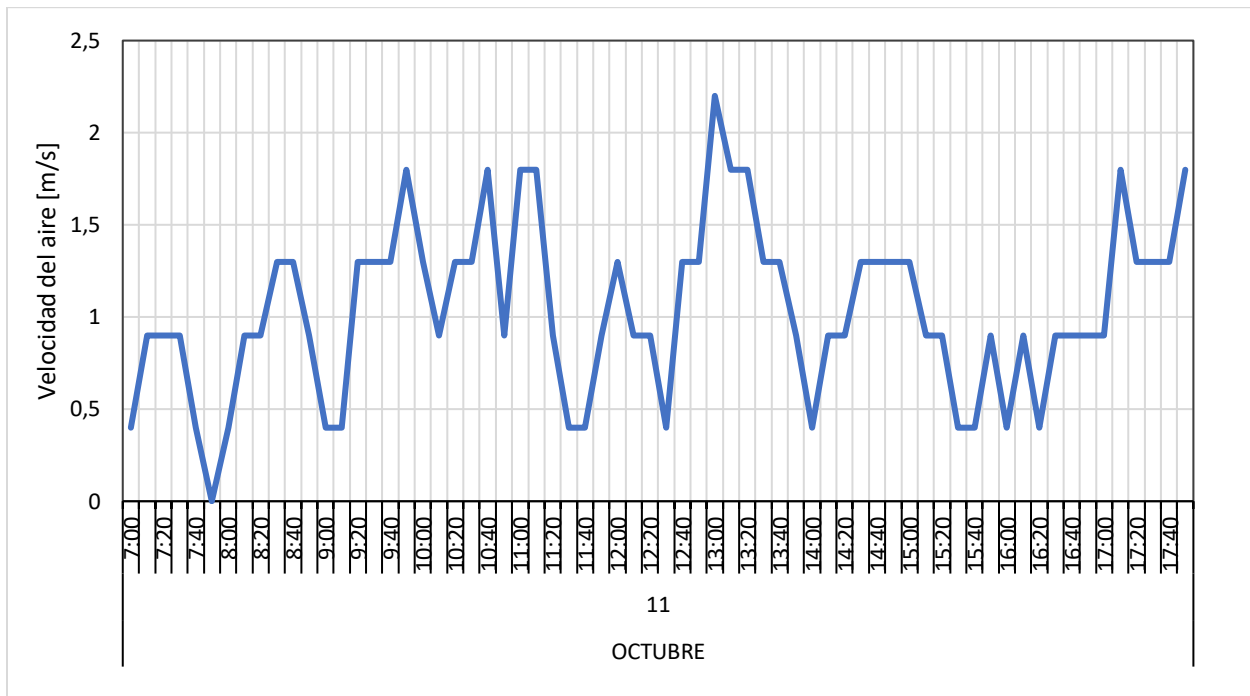
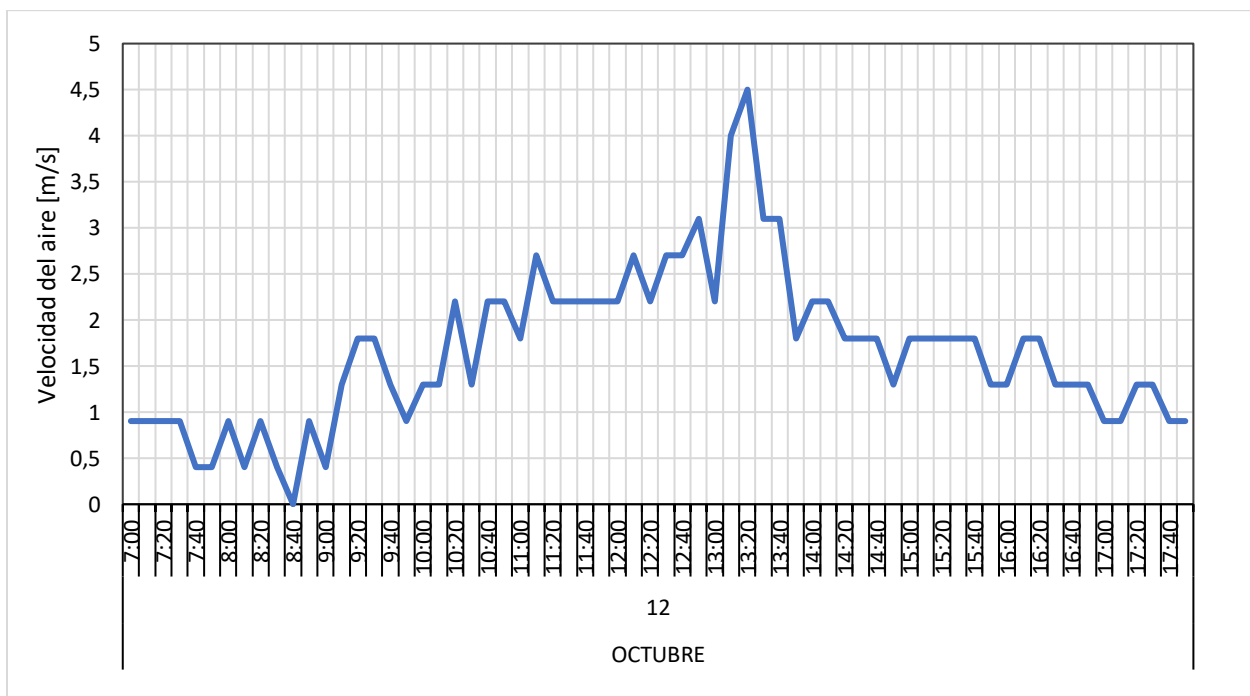
Figura B64*Velocidad del aire para el 11 de octubre de 2021***Figura B65***Velocidad del aire para el 12 de octubre de 2021*

Figura B66

Velocidad del aire para el 13 de octubre de 2021

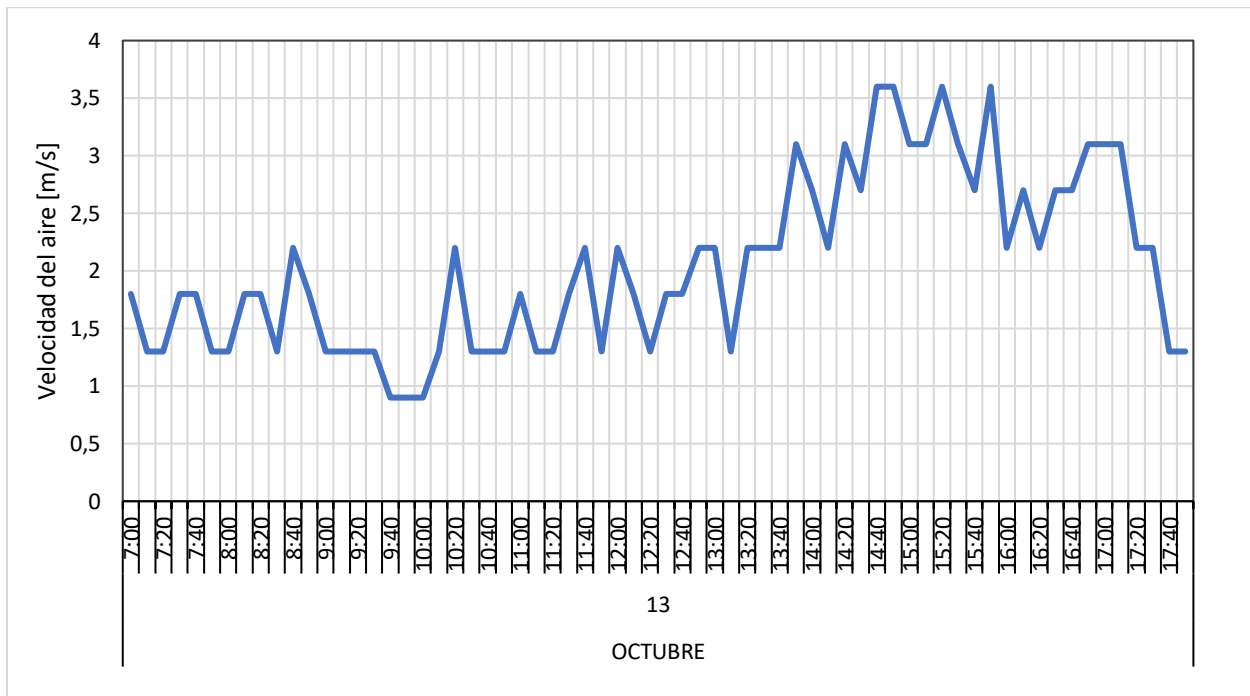


Figura B67

Velocidad del aire para el 14 de octubre de 2021

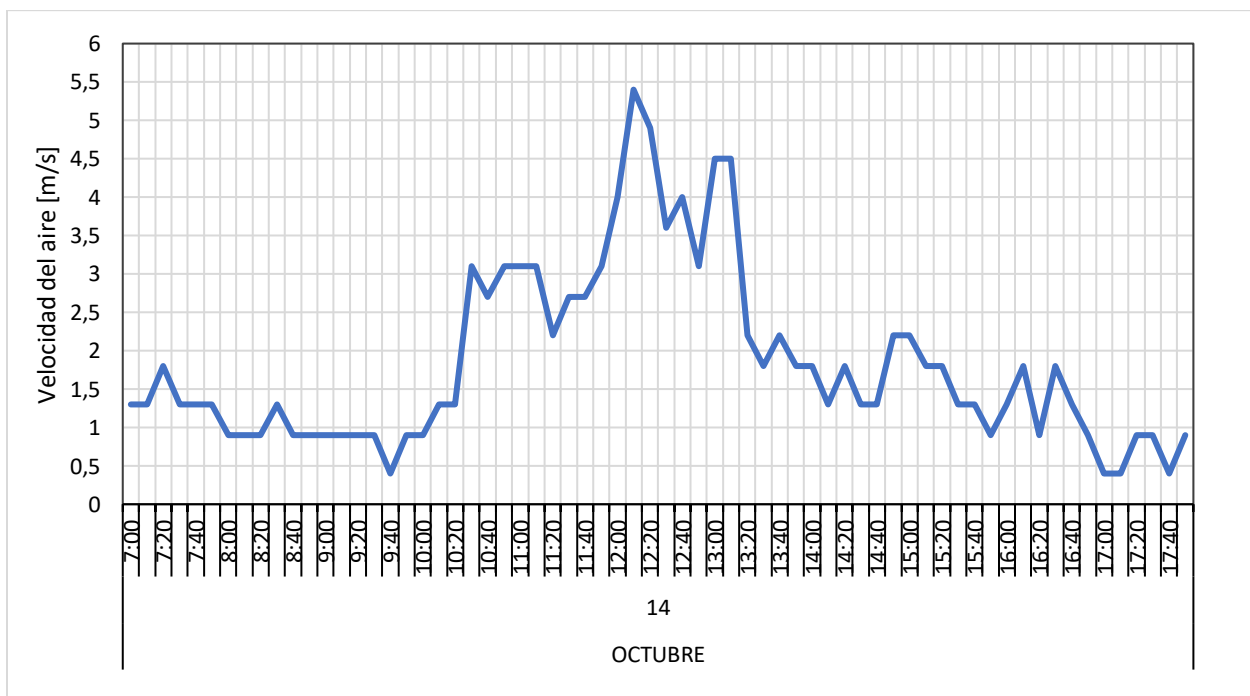


Figura B68

Velocidad del aire para el 15 de octubre octubre de 2021

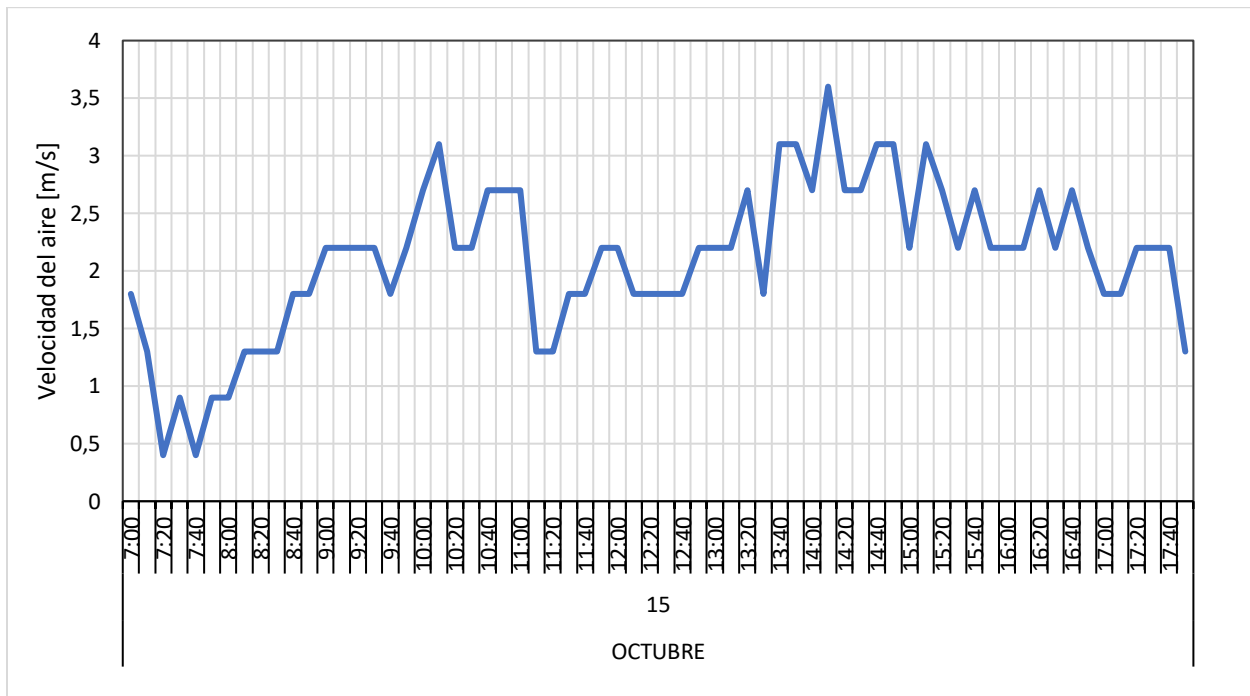


Figura B69

Velocidad del aire para el 16 de octubre octubre de 2021

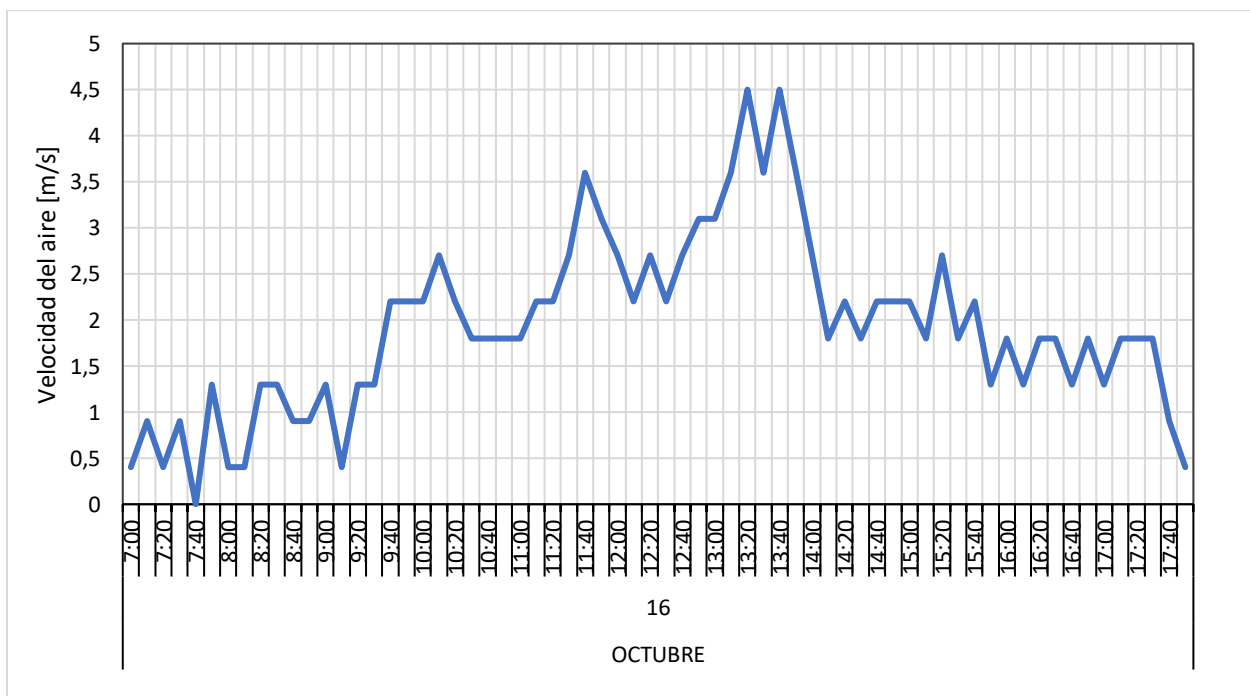


Figura B70

Velocidad del aire para el 17 de octubre de 2021

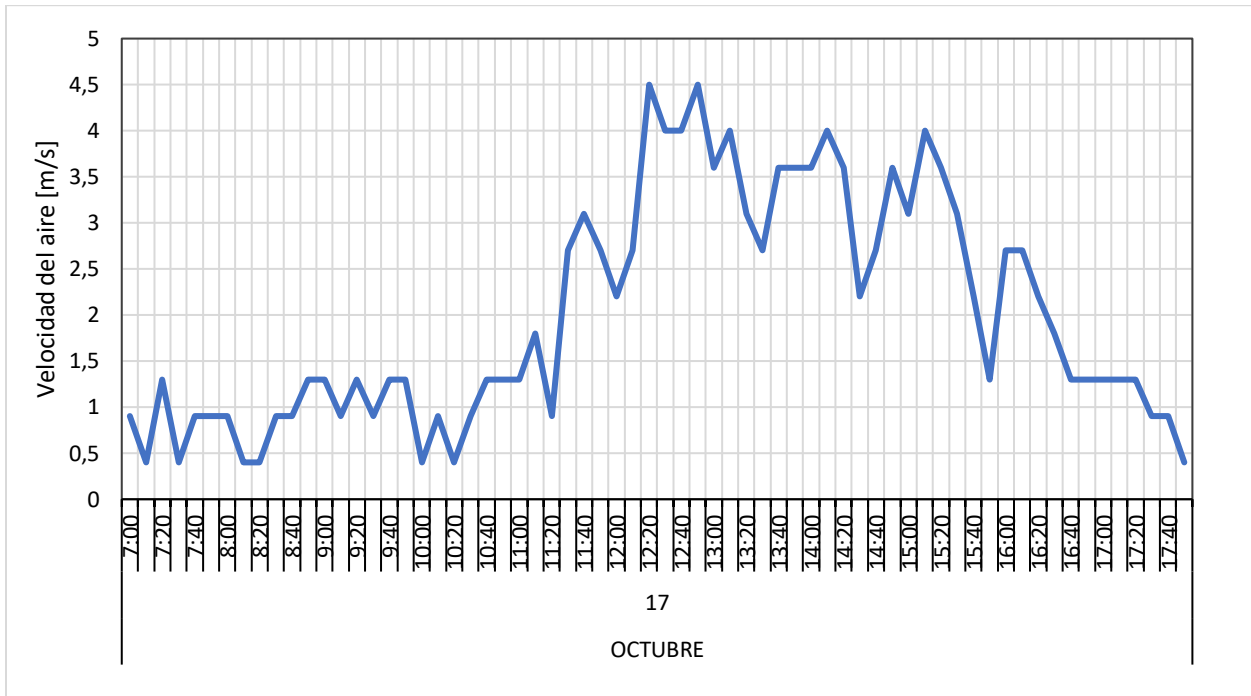


Figura B71

Velocidad del aire para el 18 de octubre de 2021

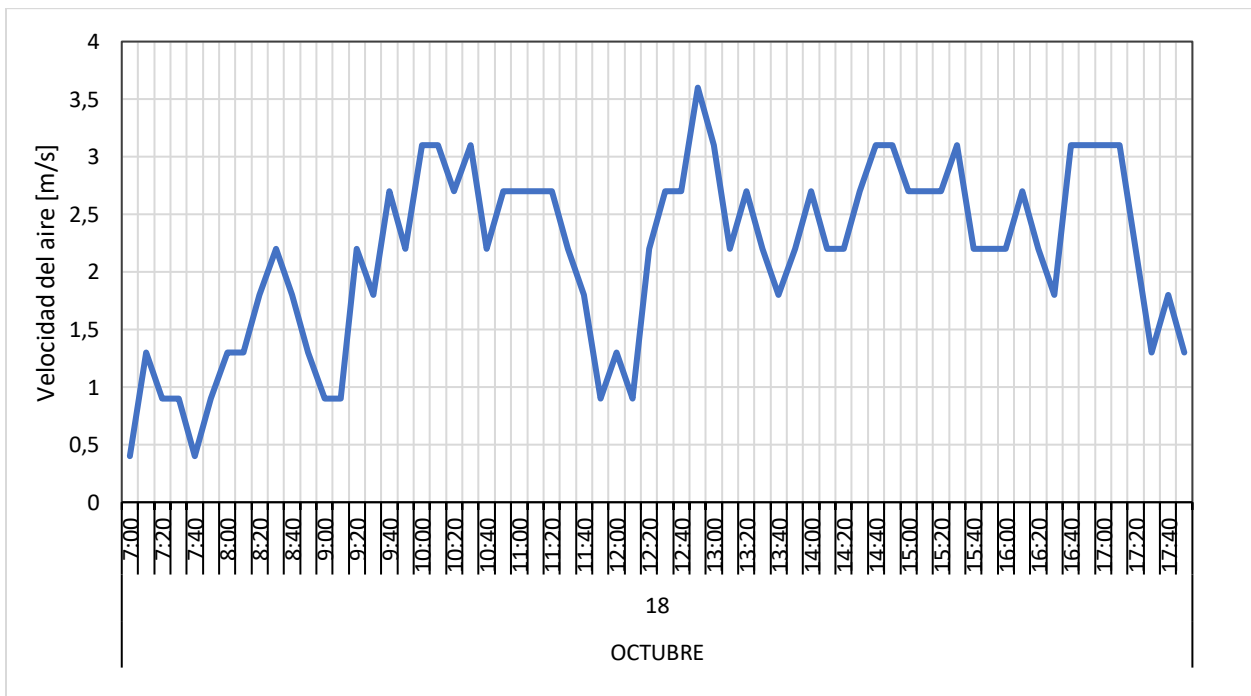


Figura B72

Velocidad del aire para el 19 de octubre de 2021

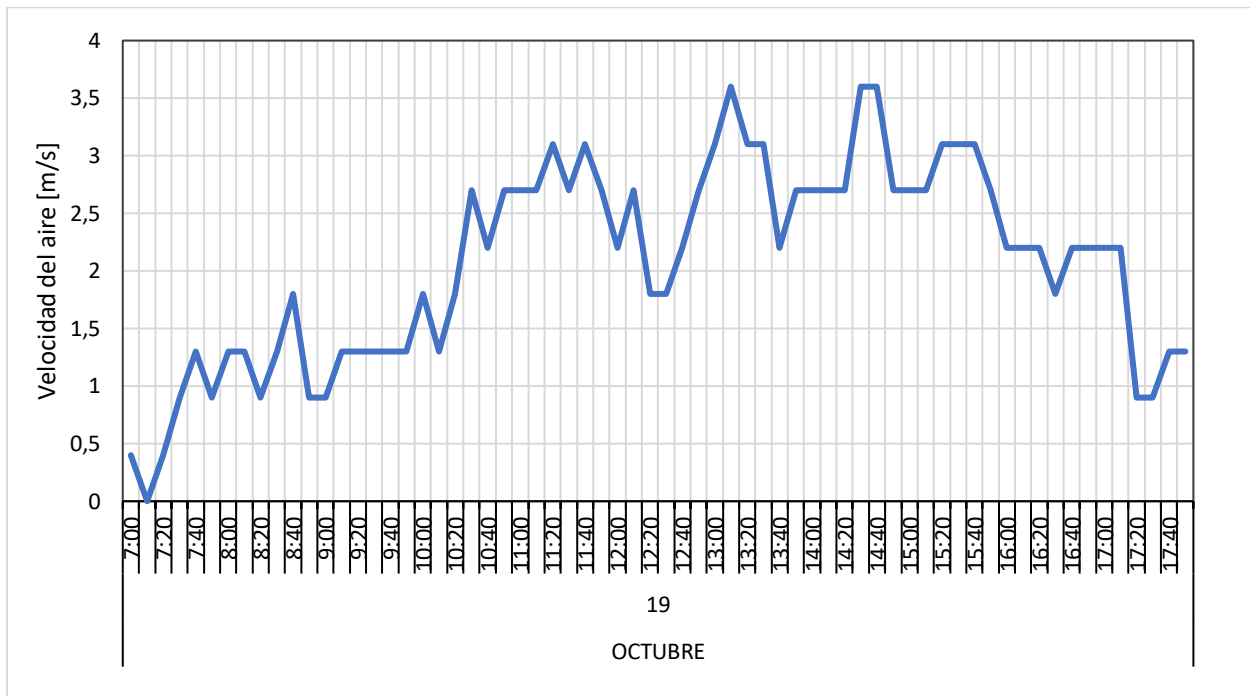


Figura B73

Velocidad del aire para el 20 de octubre de 2021

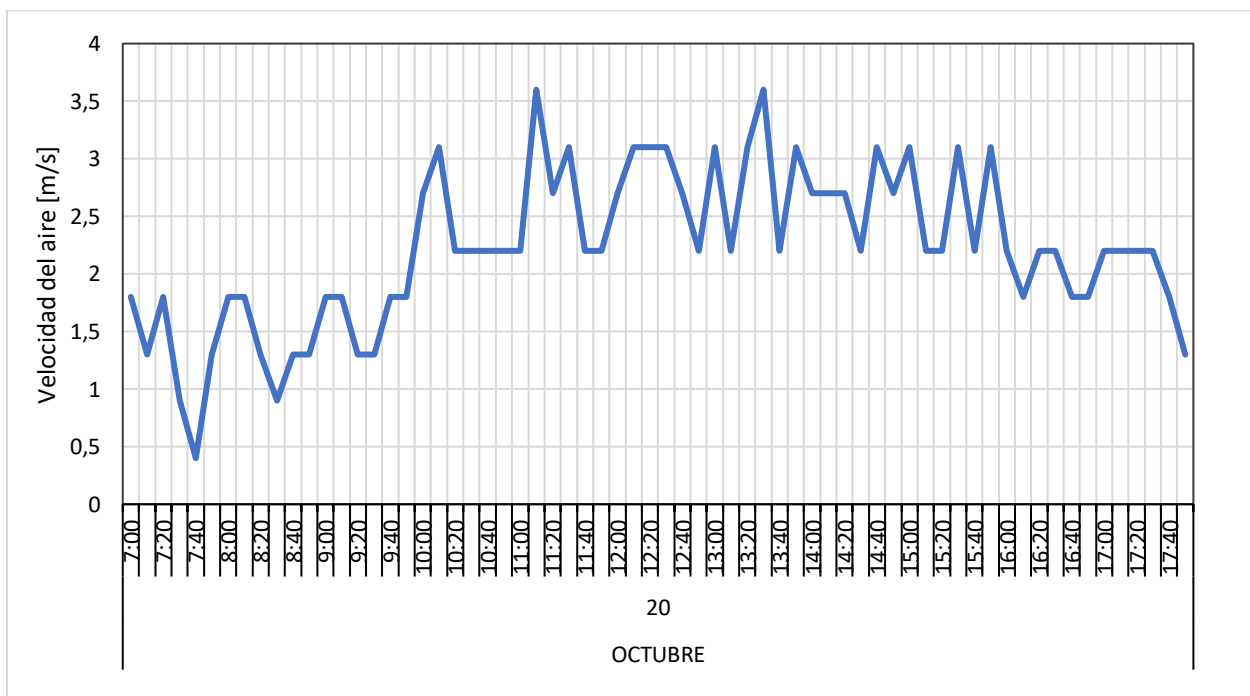


Figura B74

Velocidad del aire para el 21 de octubre de 2021

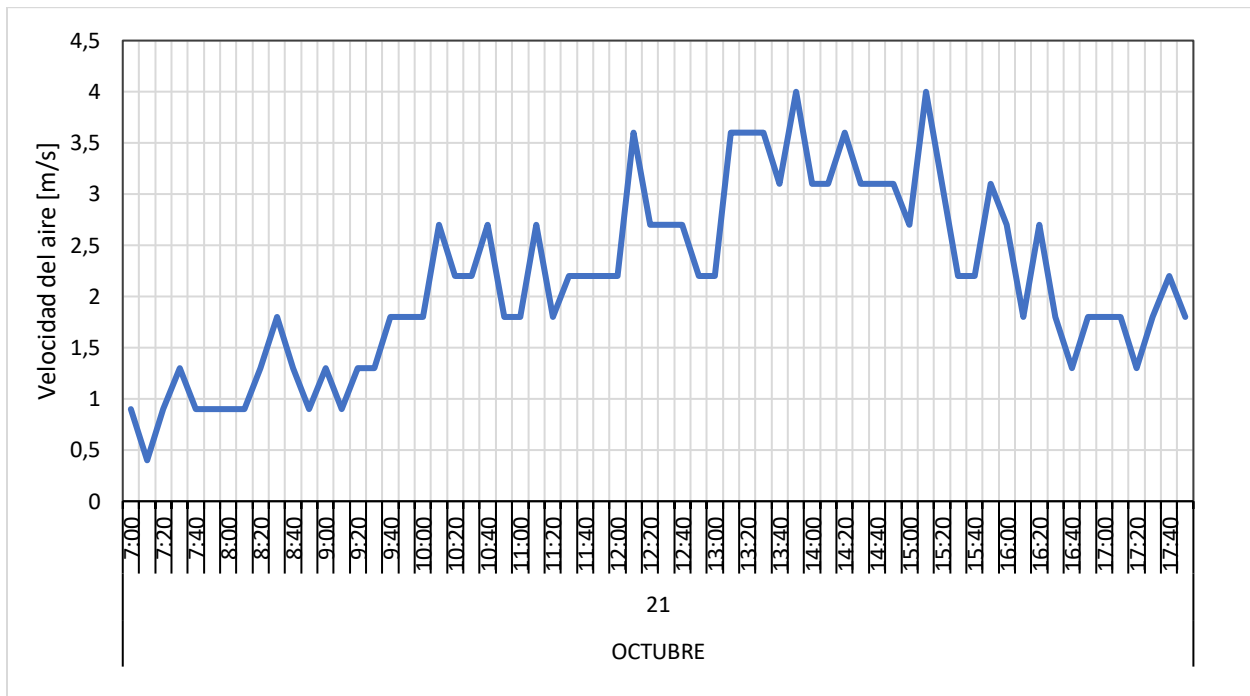


Figura B75

Velocidad del aire para el 22 de octubre de 2021

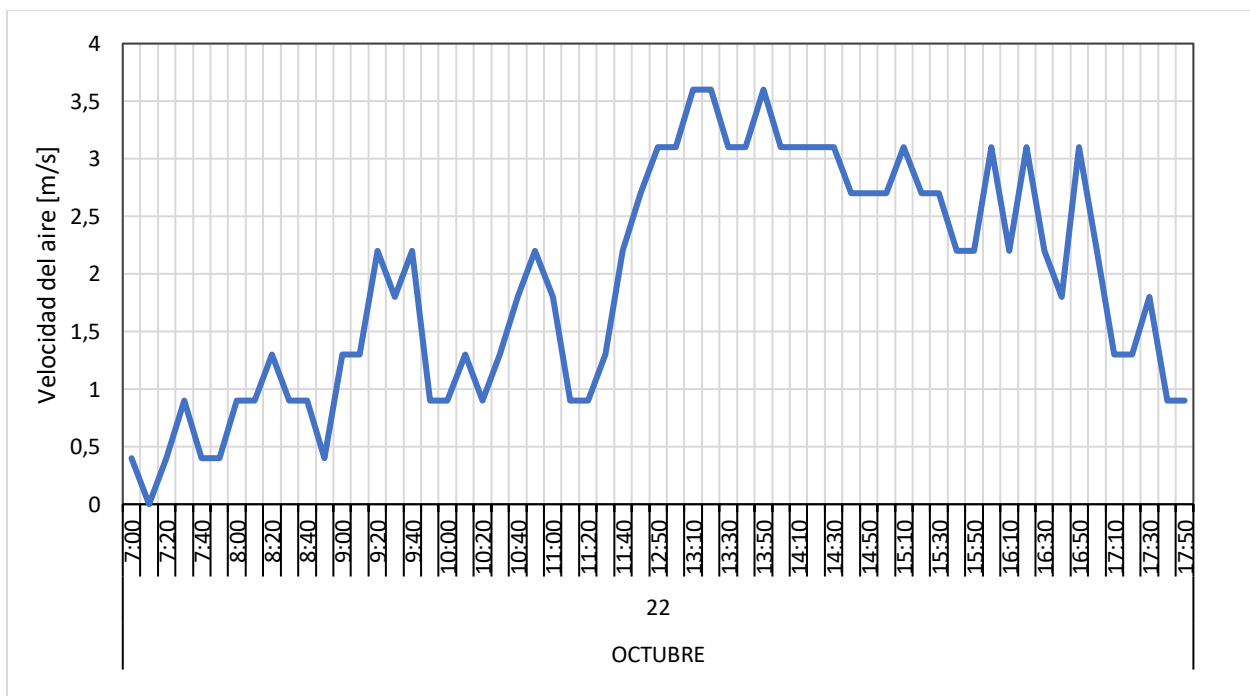


Figura B76

Velocidad del aire para el 23 de octubre de 2021

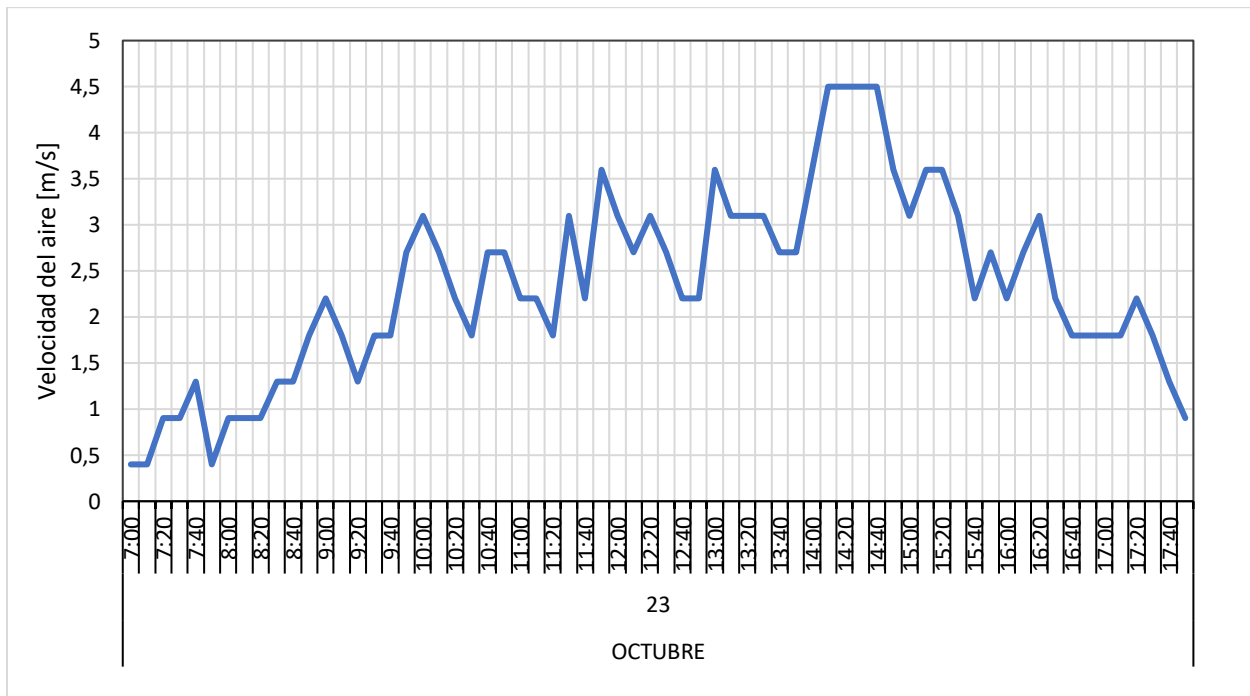


Figura B77

Velocidad del aire para el 24 de octubre de 2021

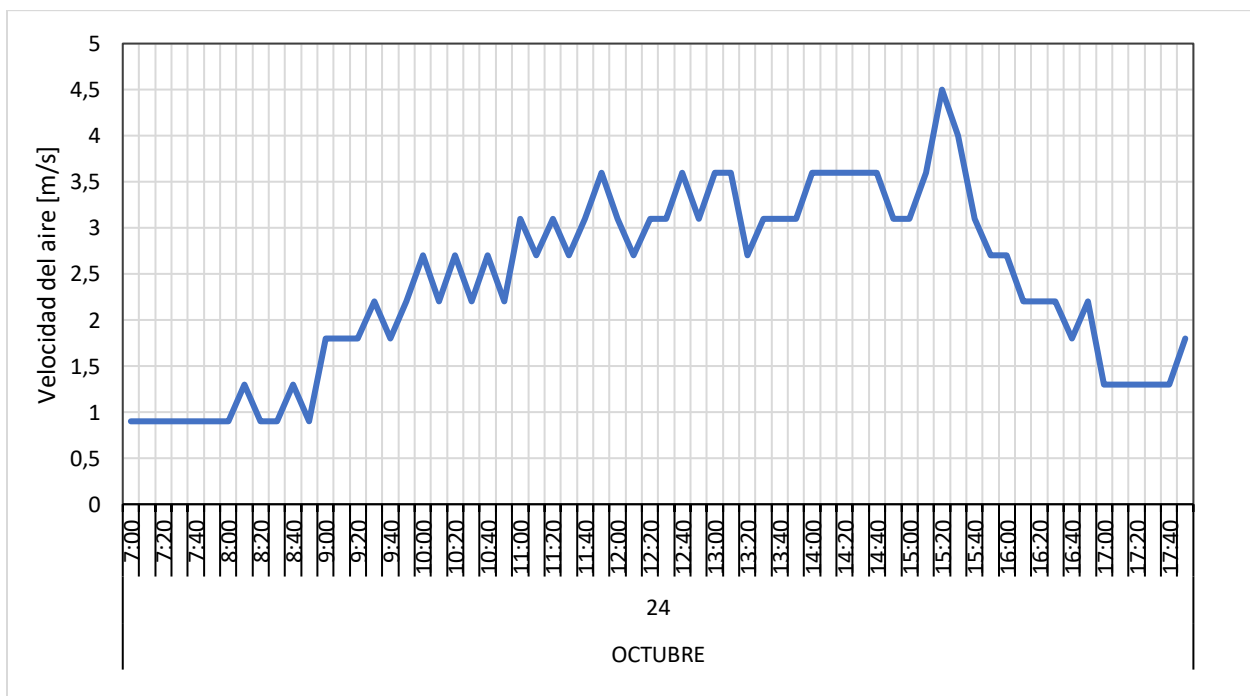


Figura B78

Velocidad del aire para el 25 de octubre de 2021

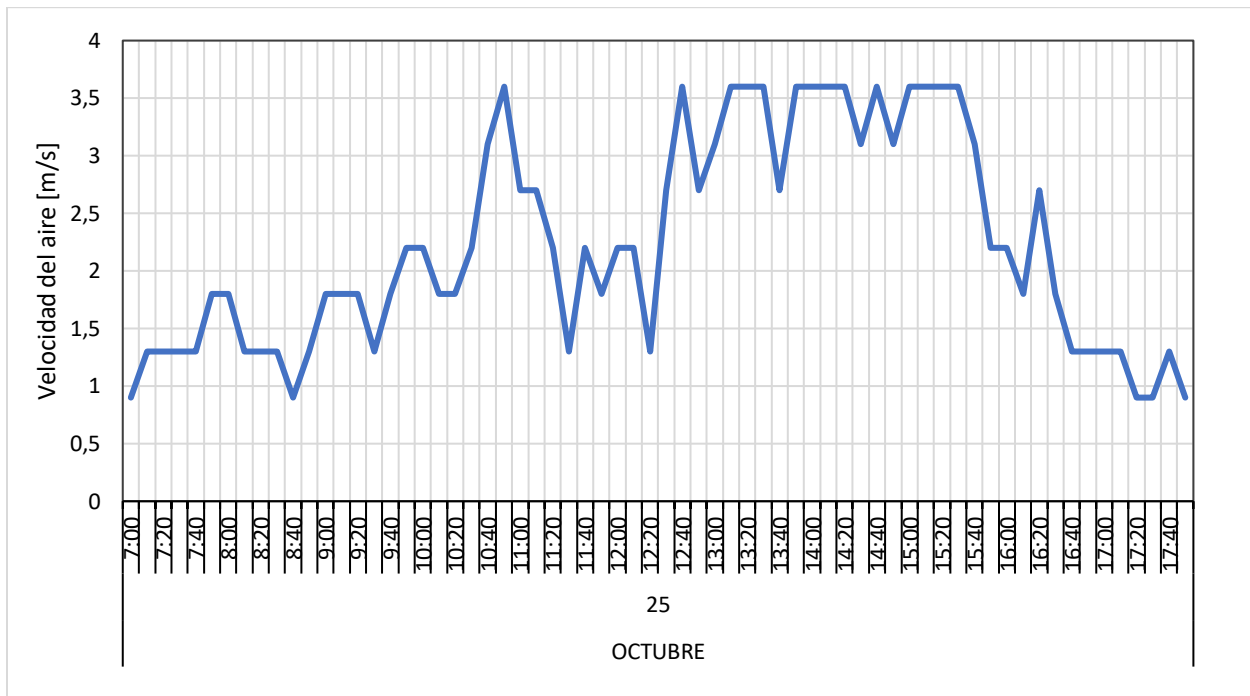


Figura B79

Velocidad del aire para el 26 de octubre de 2021

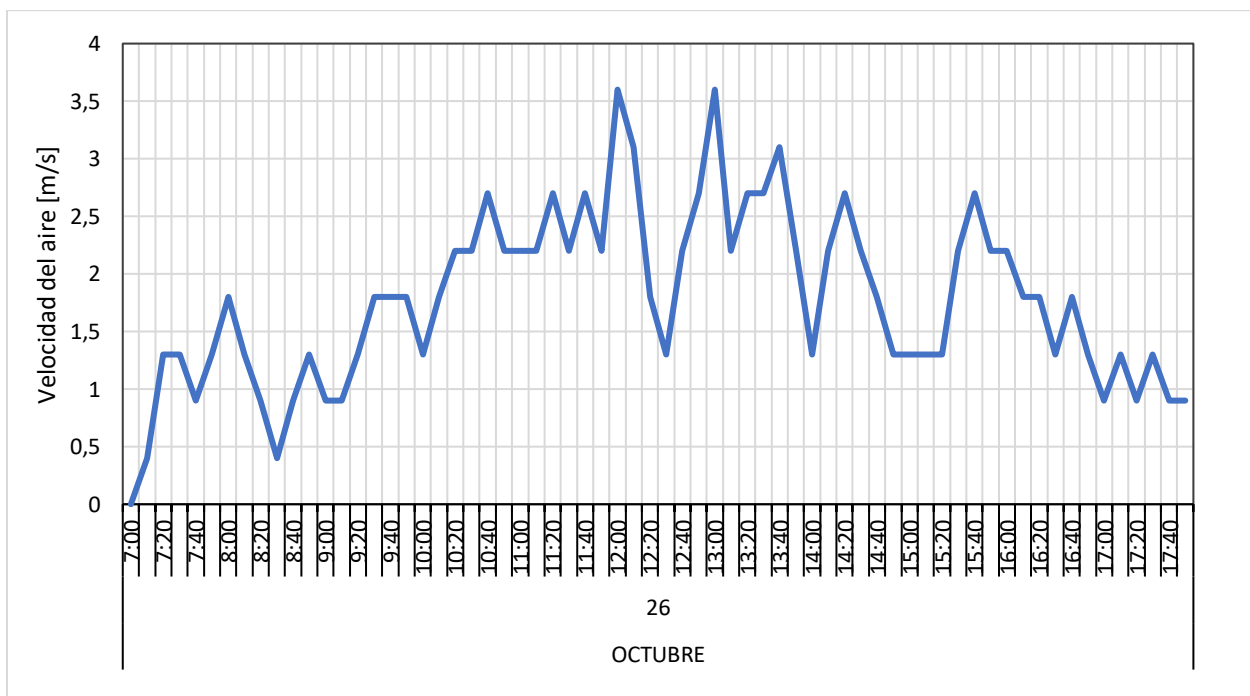


Figura B80

Velocidad del aire para el 27 de octubre de 2021

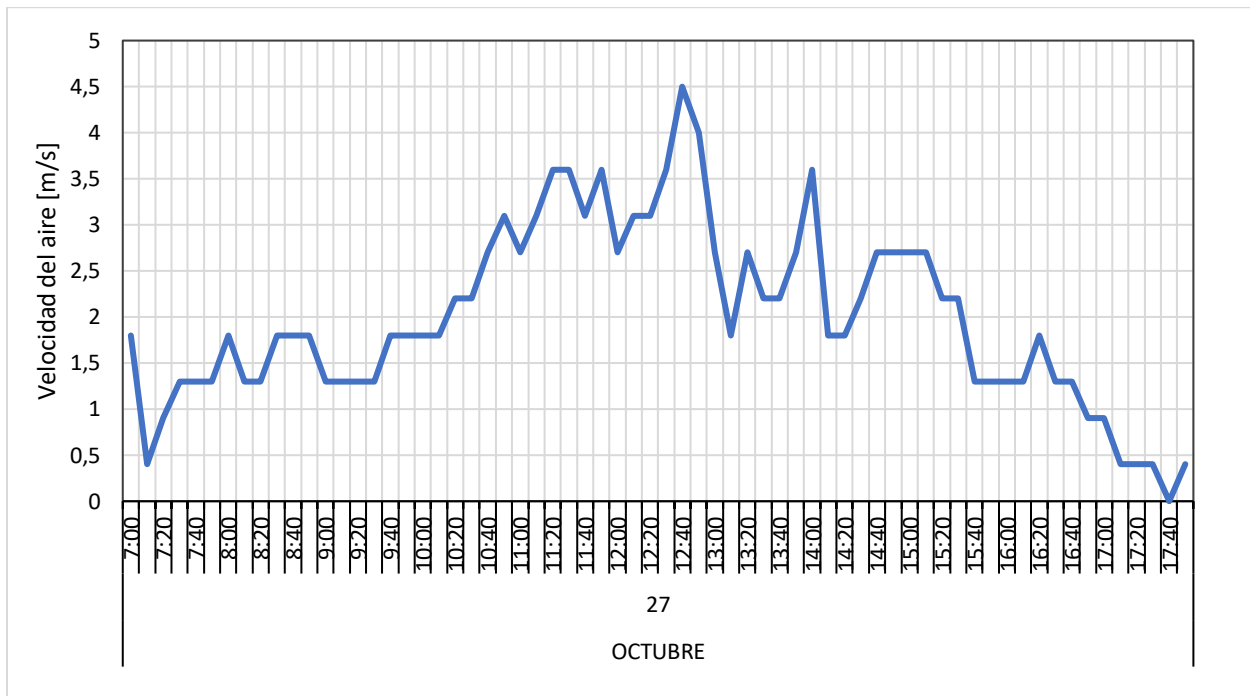


Figura B81

Velocidad del aire para el 28 de octubre de 2021

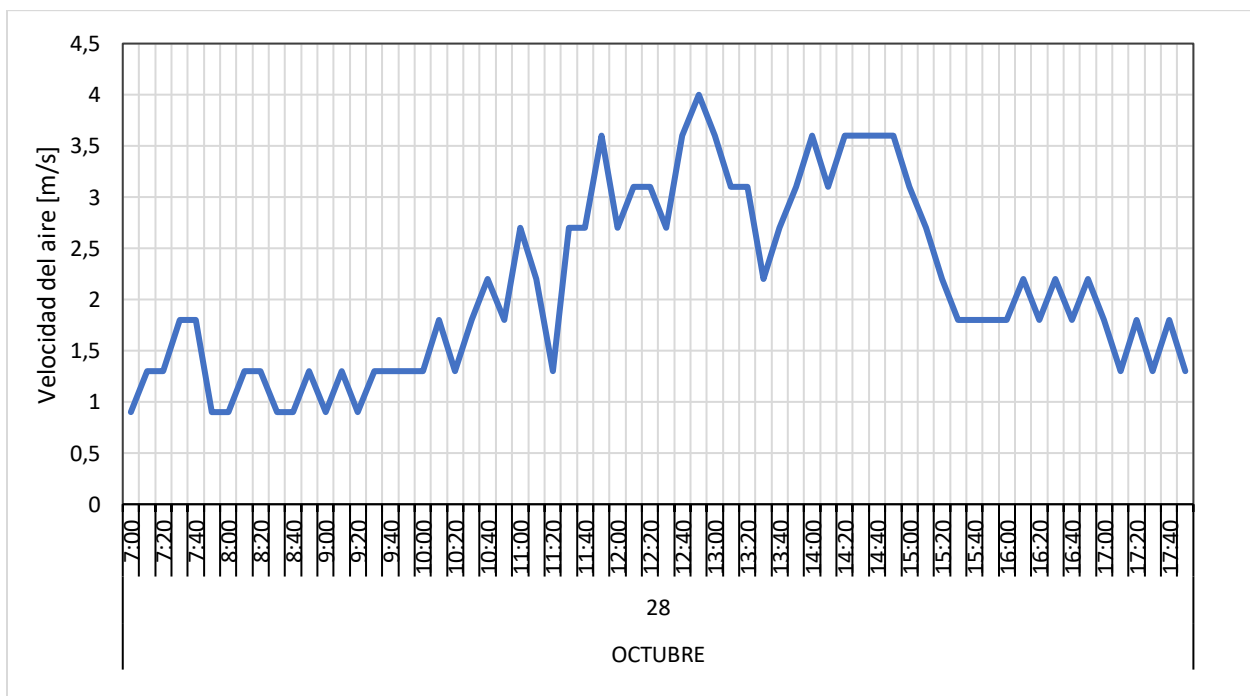


Figura B82

Velocidad del aire para el 29 de octubre de 2021

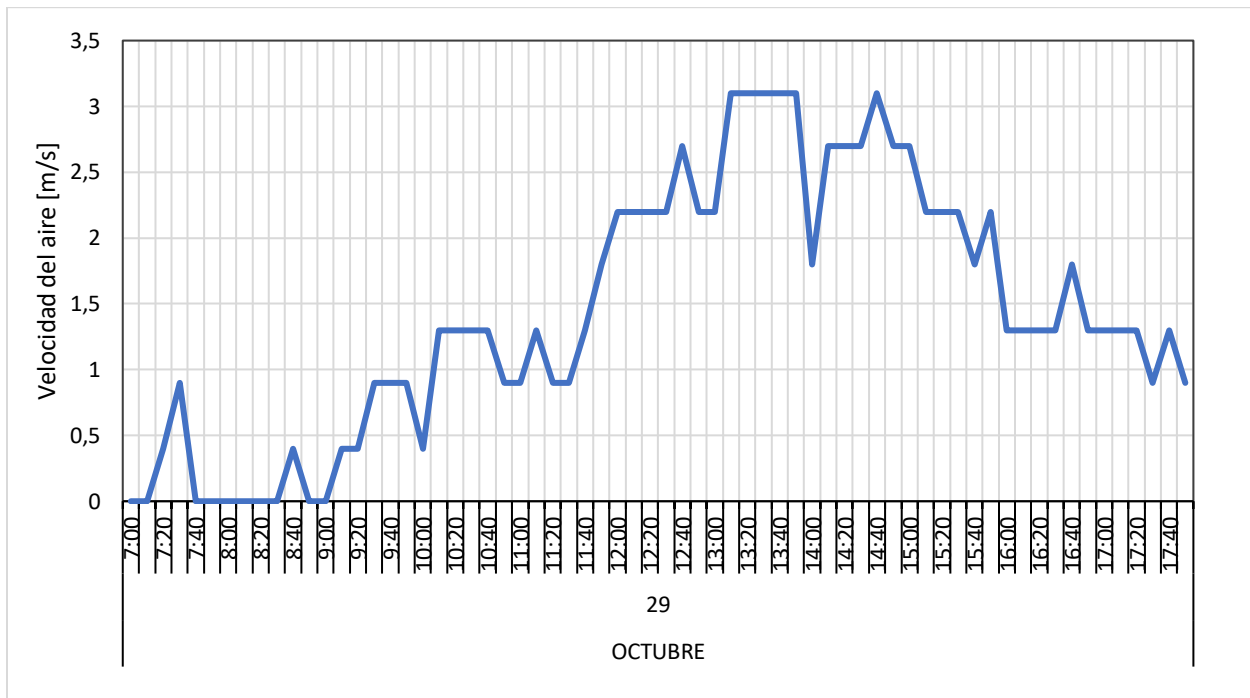


Figura B83

Velocidad del aire para el 30 de octubre de 2021

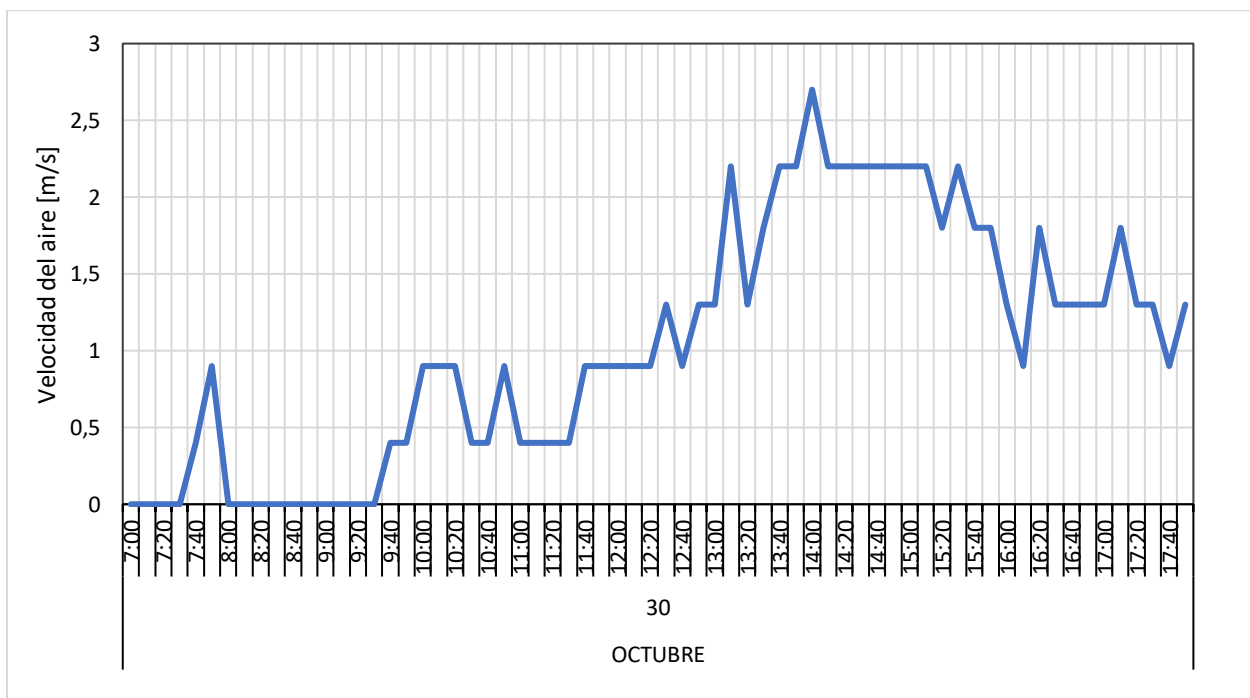


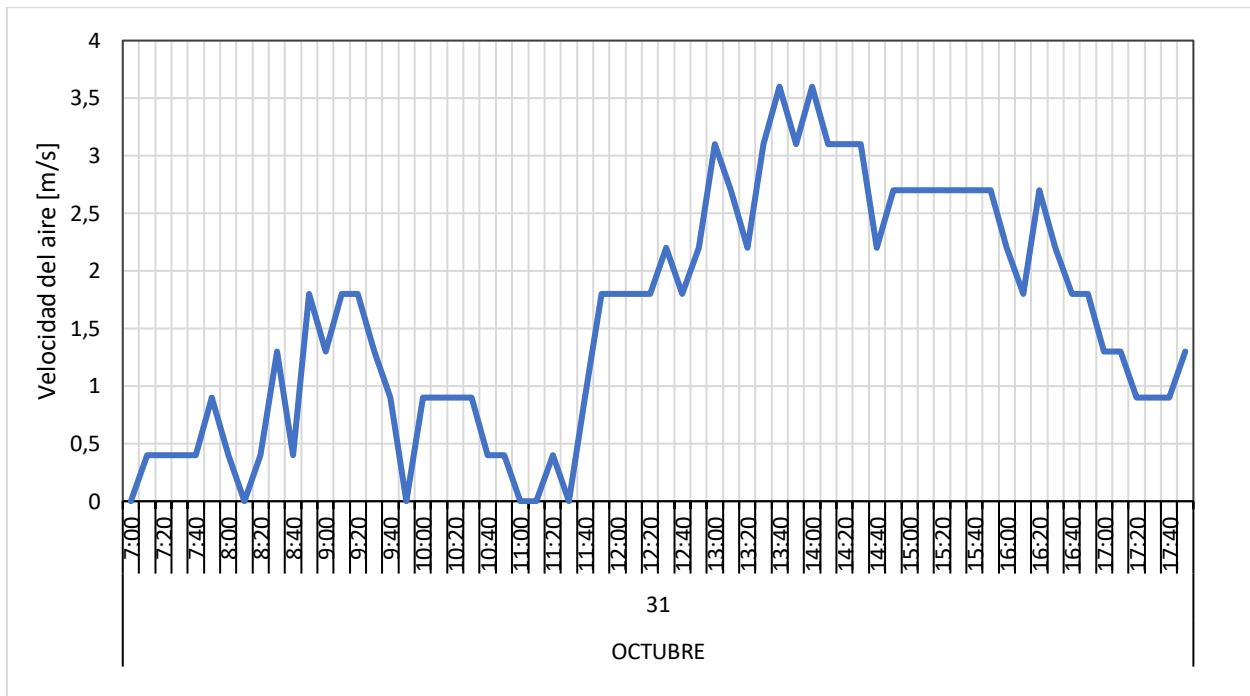
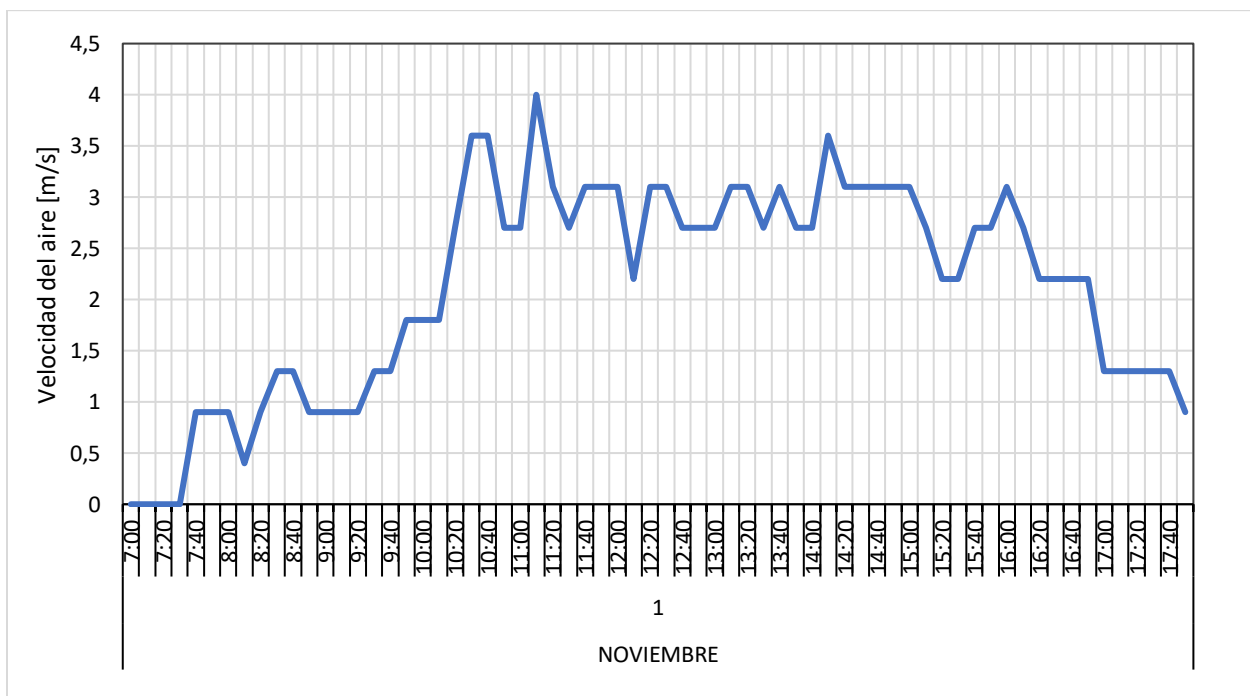
Figura B84*Velocidad del aire para el 31 de octubre de 2021***Figura B85***Velocidad del aire para el 1 de noviembre de 2021*

Figura B86

Velocidad del aire para el 2 de noviembre de 2021

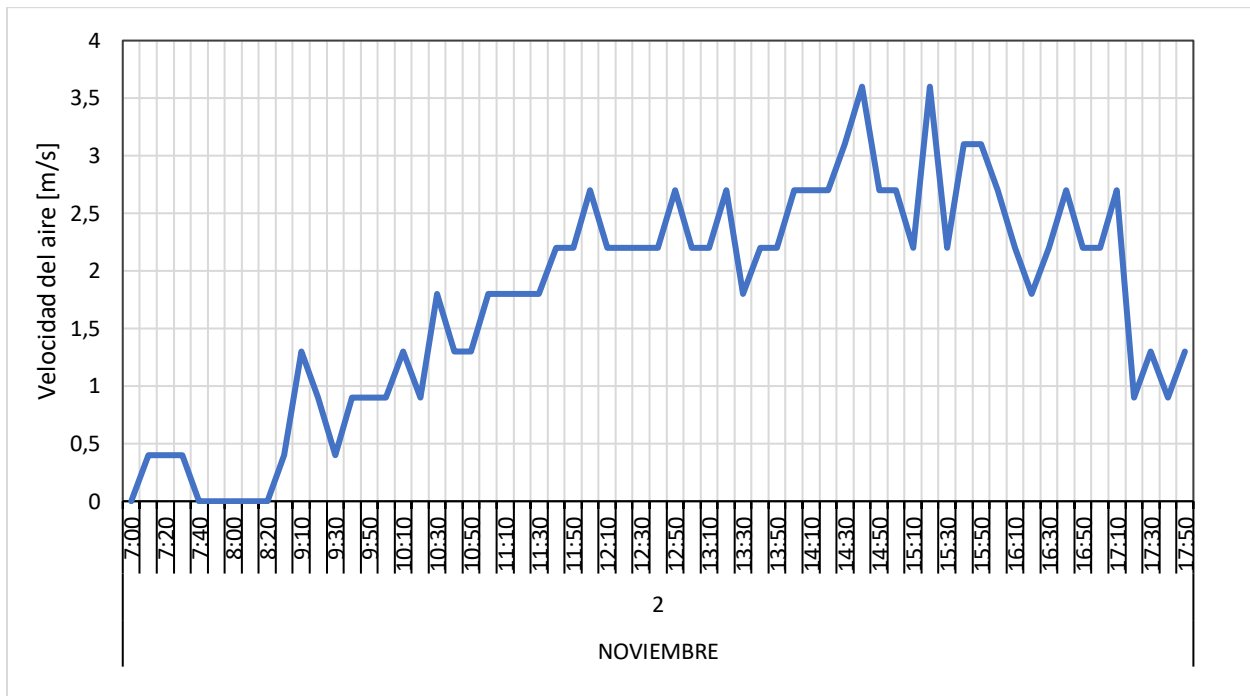


Figura B87

Velocidad del aire para el 3 de noviembre de 2021

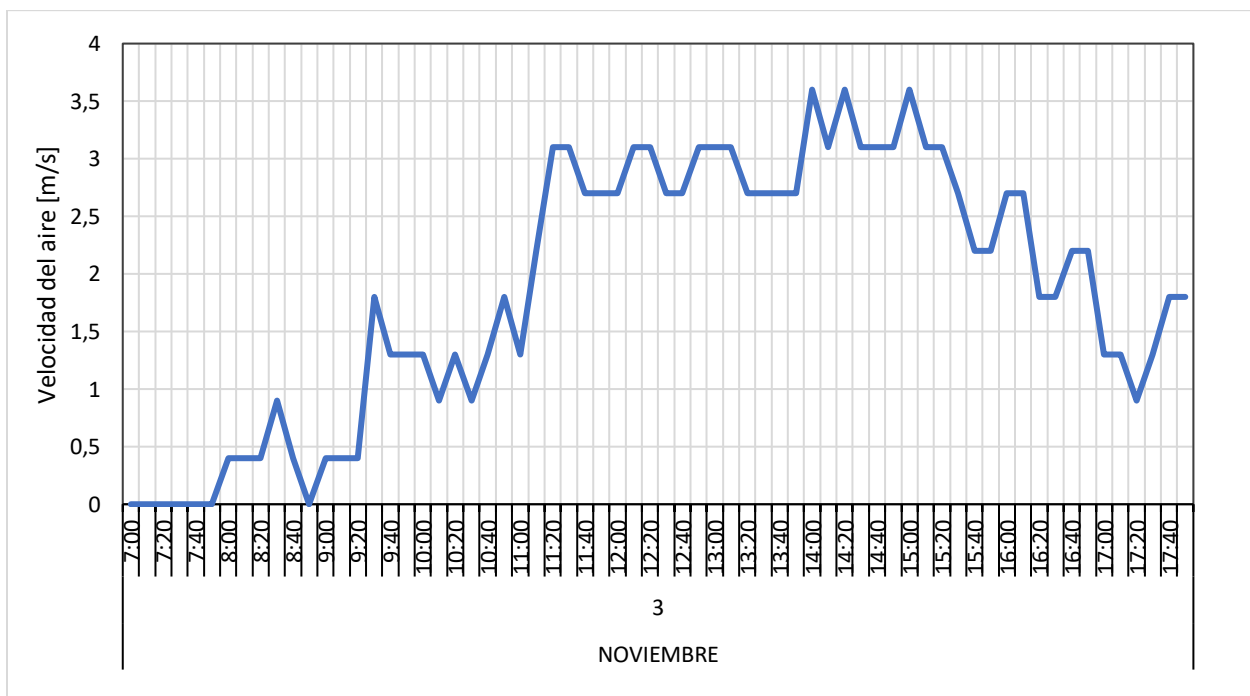


Figura B88

Velocidad del aire para el 4 de noviembre de 2021

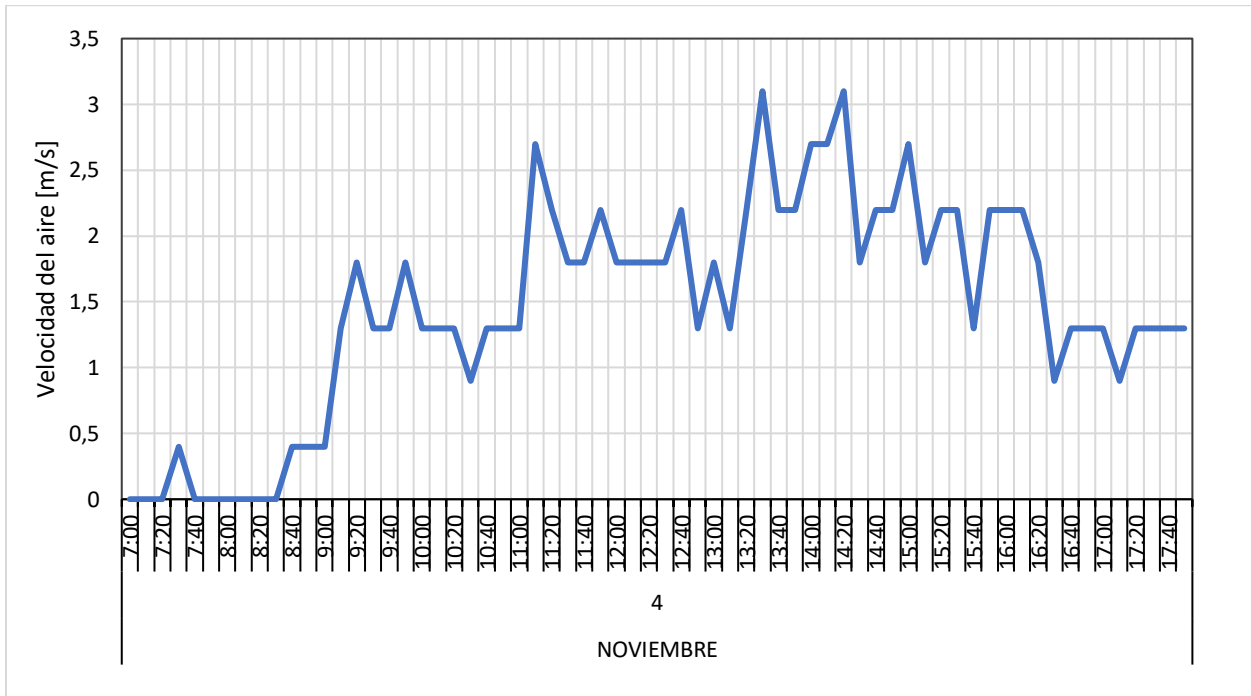


Figura B89

Velocidad del aire para el 5 de noviembre de 2021

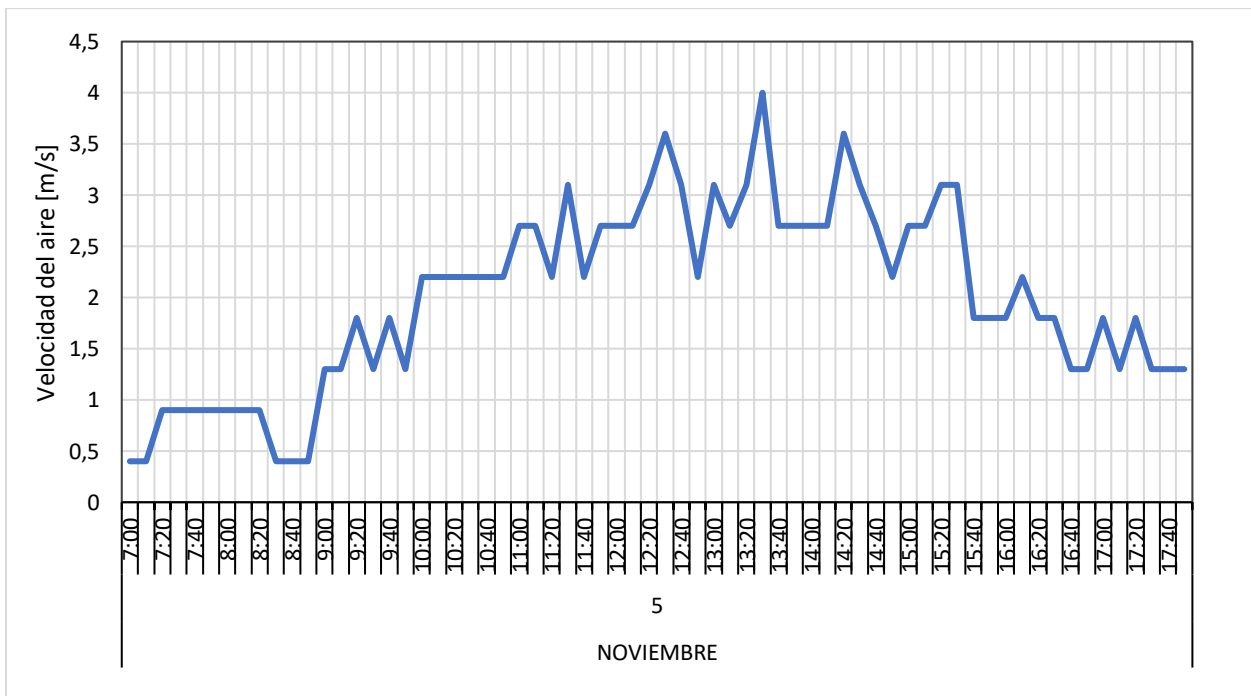


Figura B90

Velocidad del aire para el 6 de noviembre de 2021

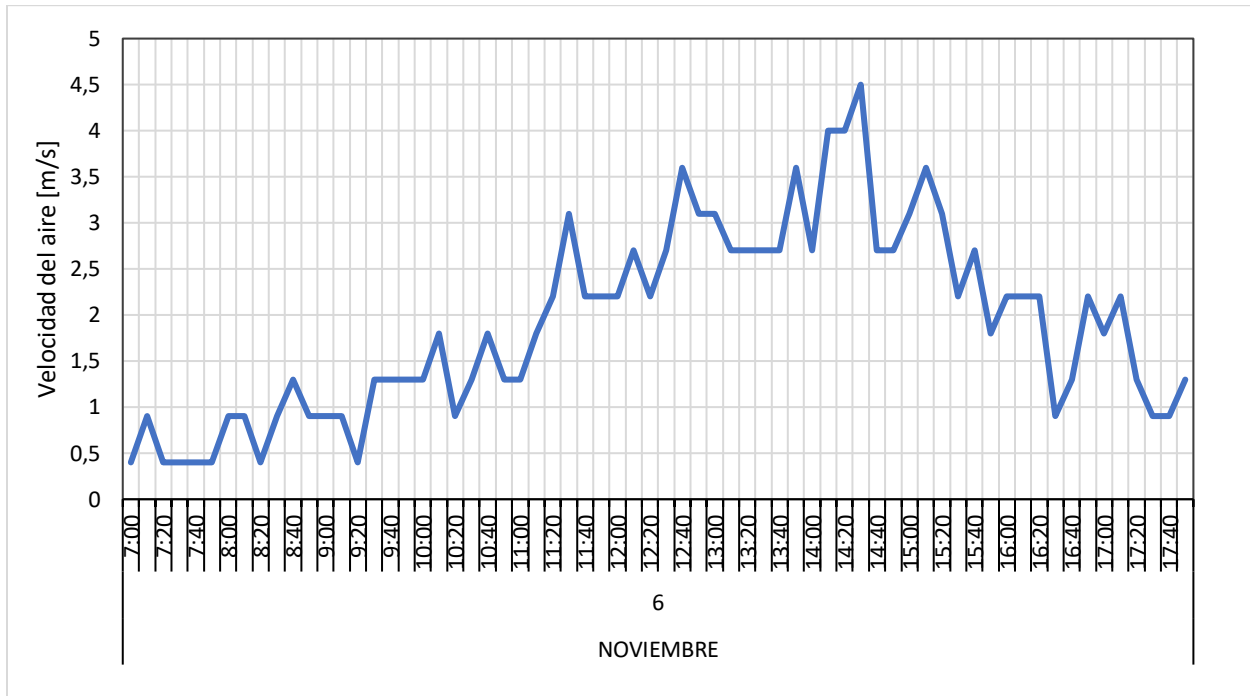
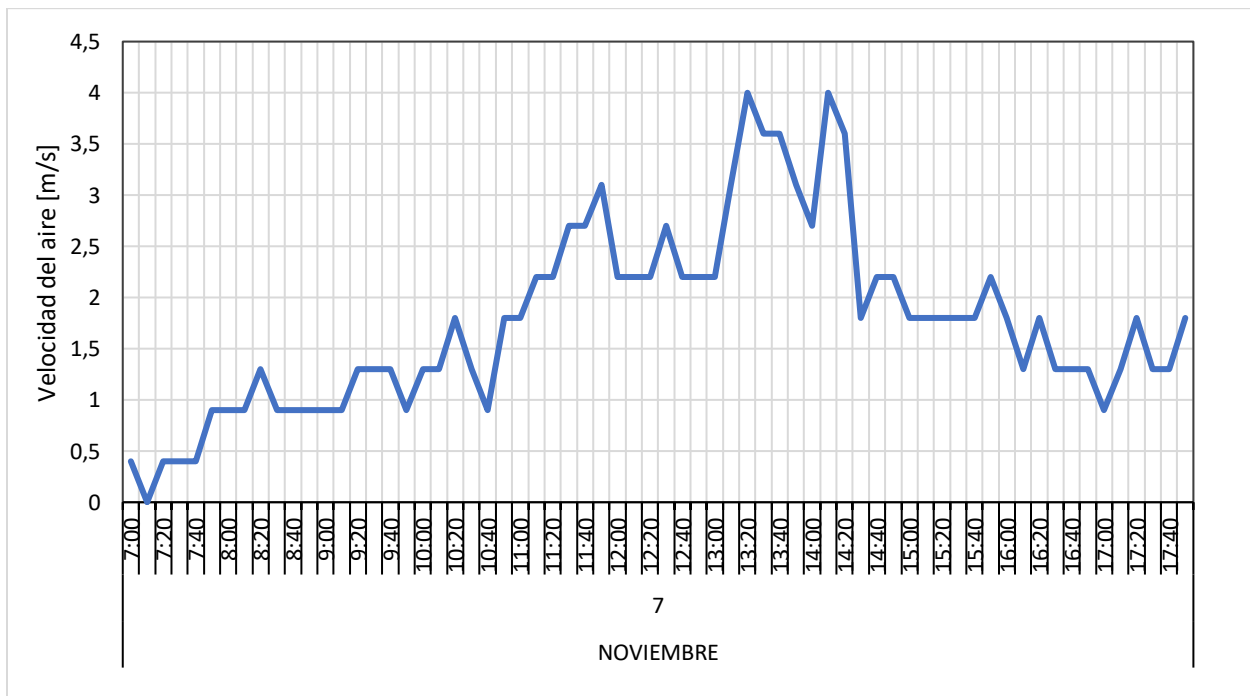


Figura B91

Velocidad del aire para el 7 de noviembre de 2021



B.4. Material Particulado

Figura B92

Material particulado para el 8 de octubre de 2021

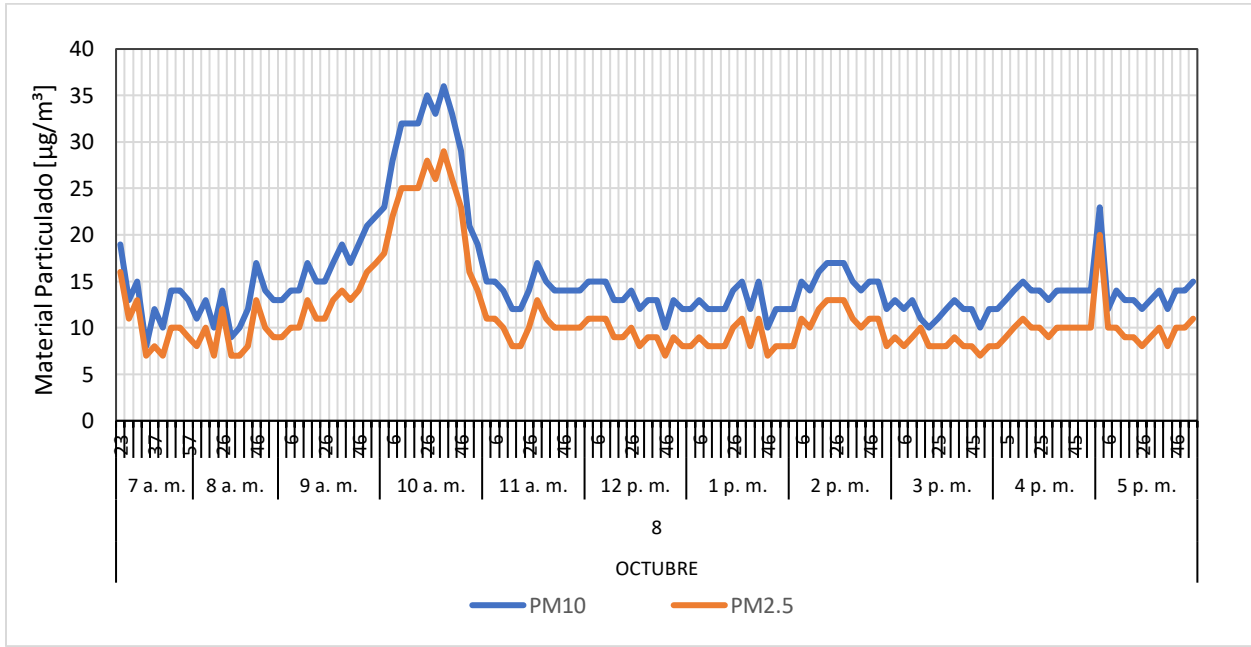


Figura B93

Material particulado para el 9 de octubre de 2021

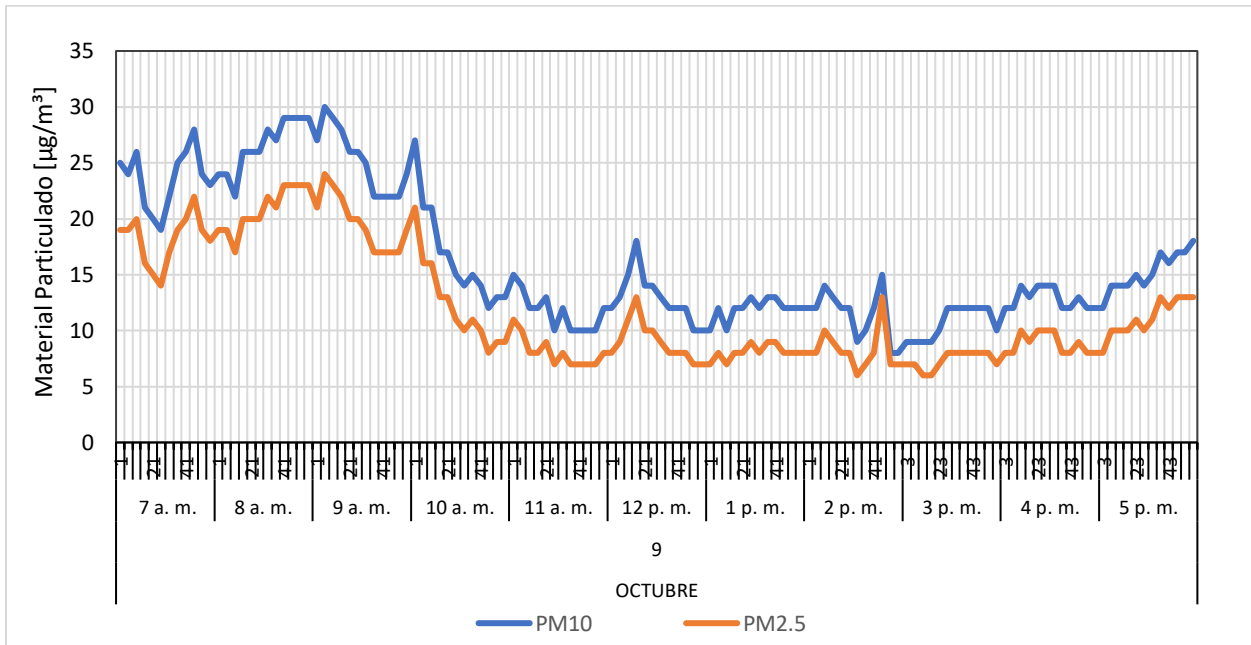


Figura B94

Material particulado para el 10 de octubre de 2021

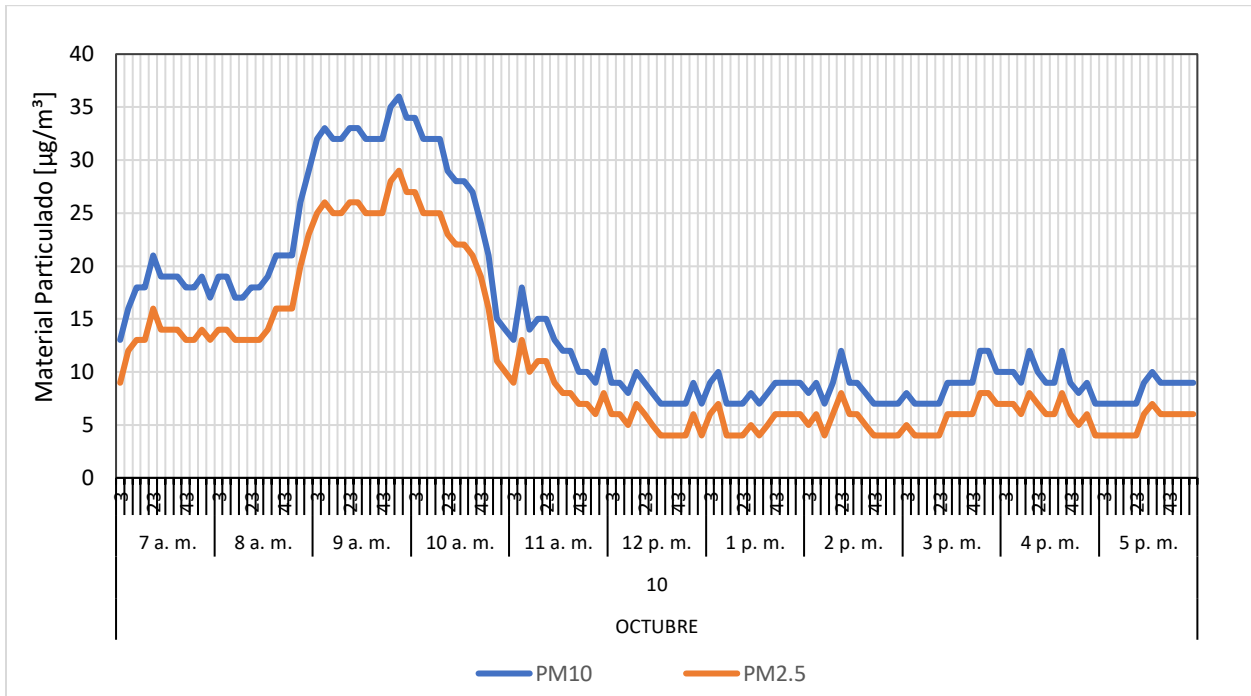


Figura B95

Material particulado para el 11 de octubre de 2021

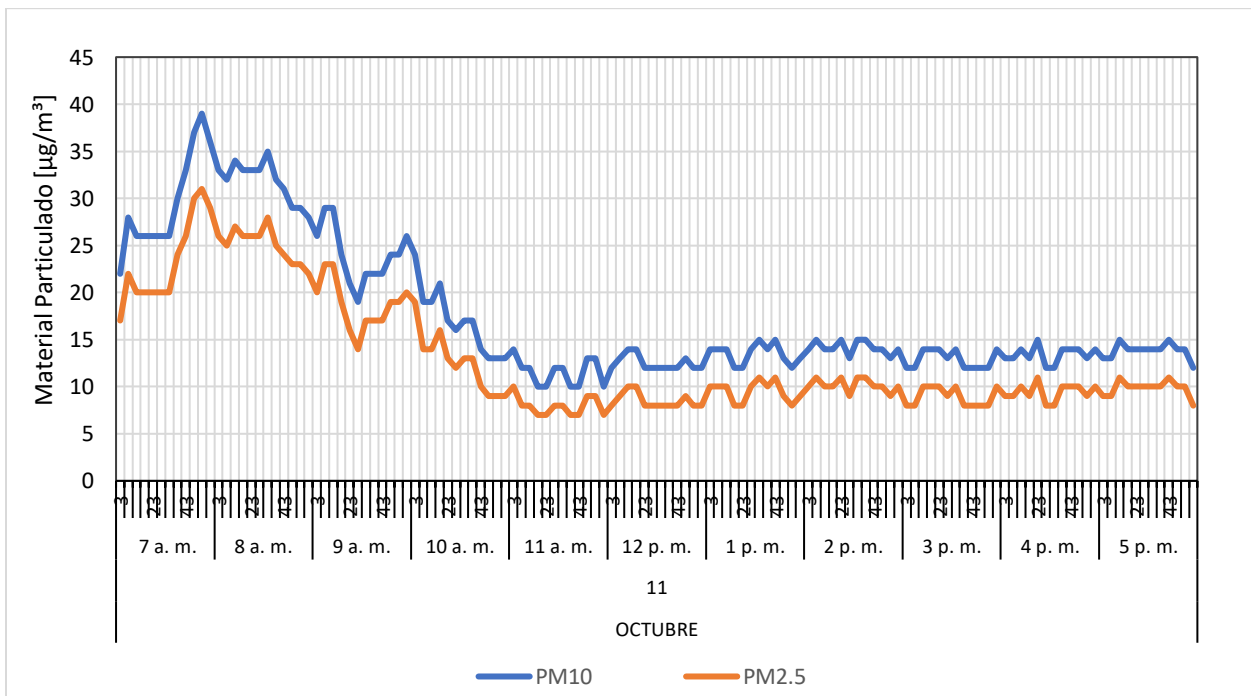


Figura B96

Material particulado para el 12 de octubre de 2021

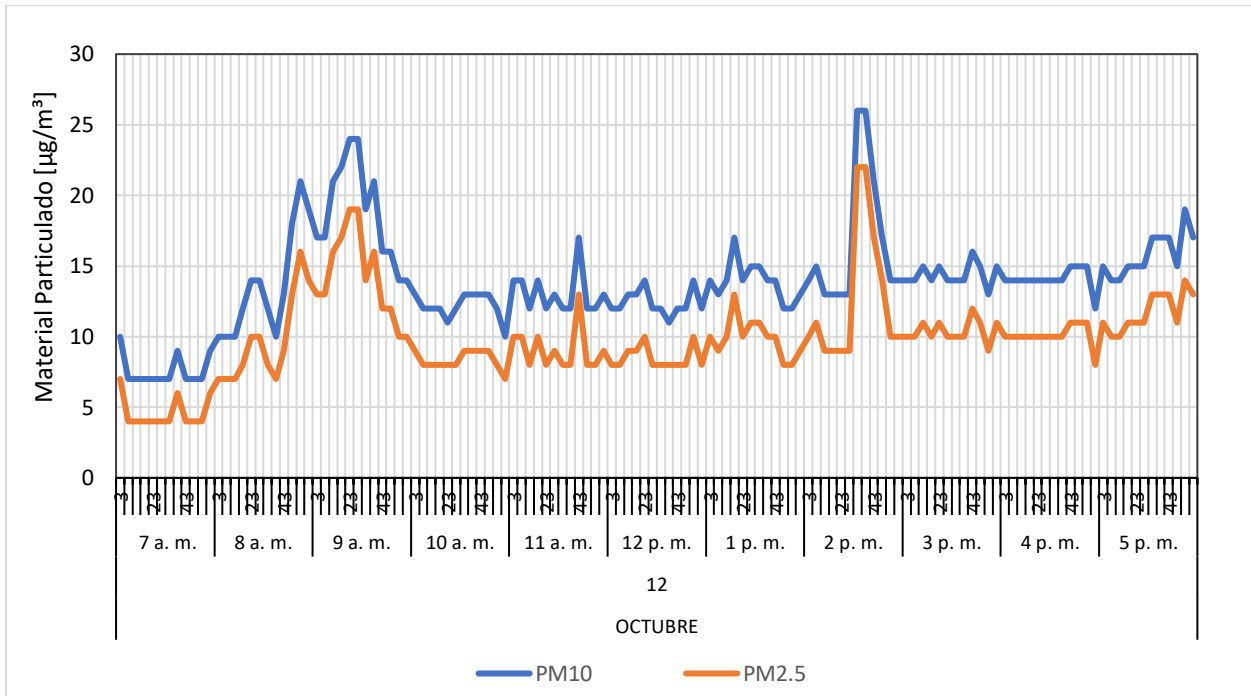


Figura B97

Material particulado para el 13 de octubre de 2021

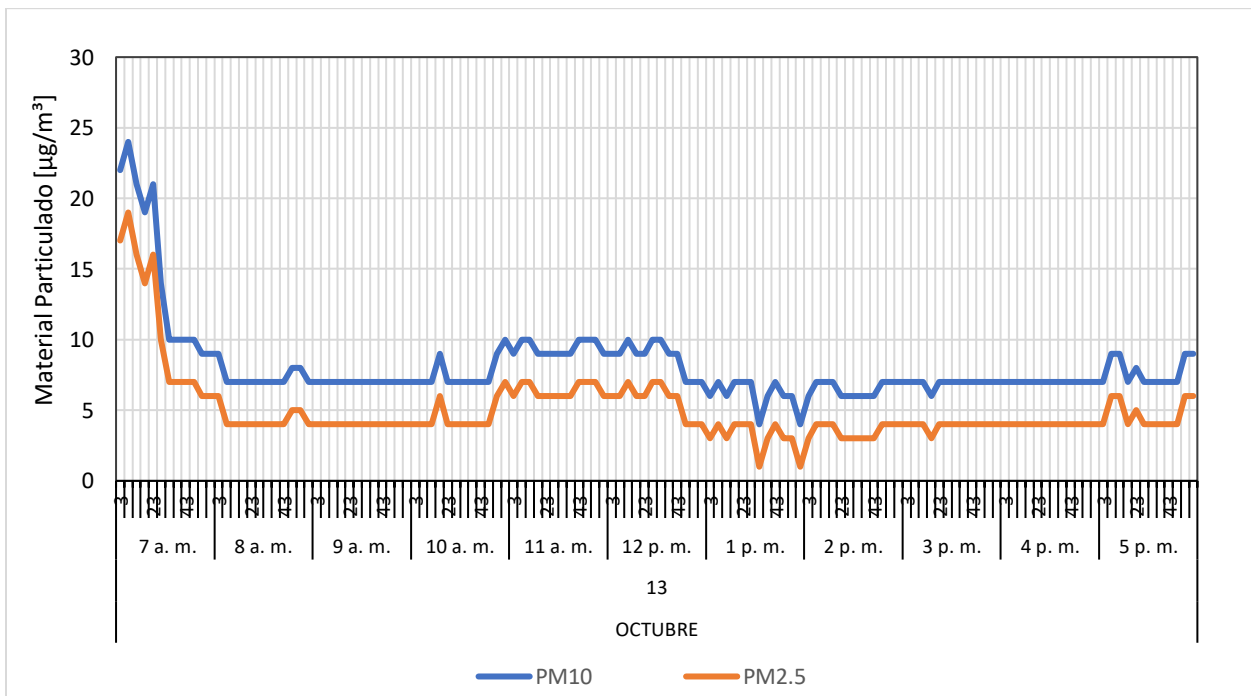


Figura B98

Material particulado para el 14 de octubre de 2021

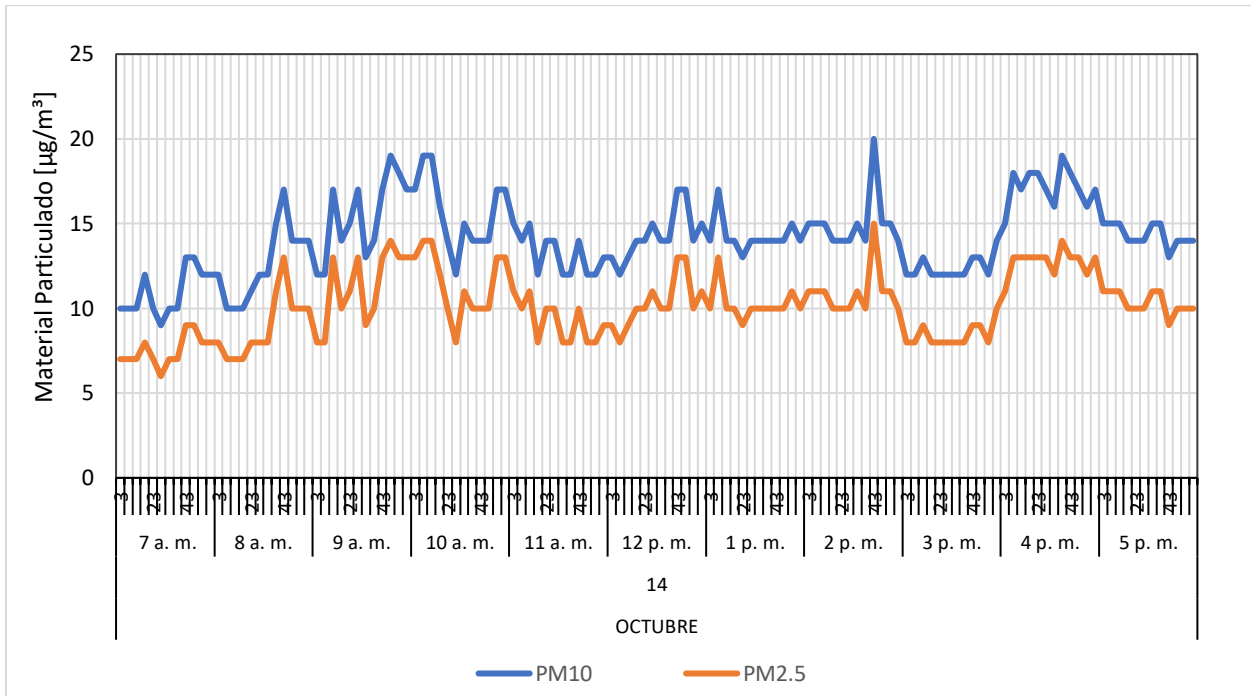


Figura B99

Material particulado para el 15 de octubre de 2021

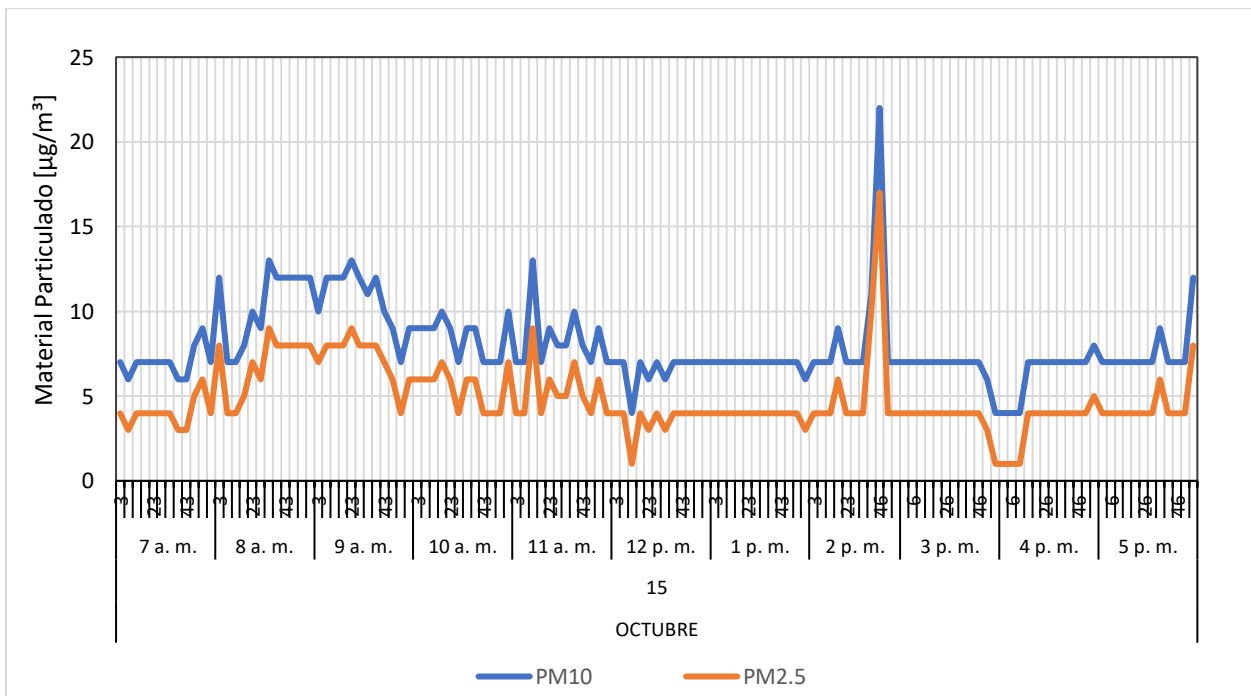


Figura B100

Material particulado para el 16 de octubre de 2021

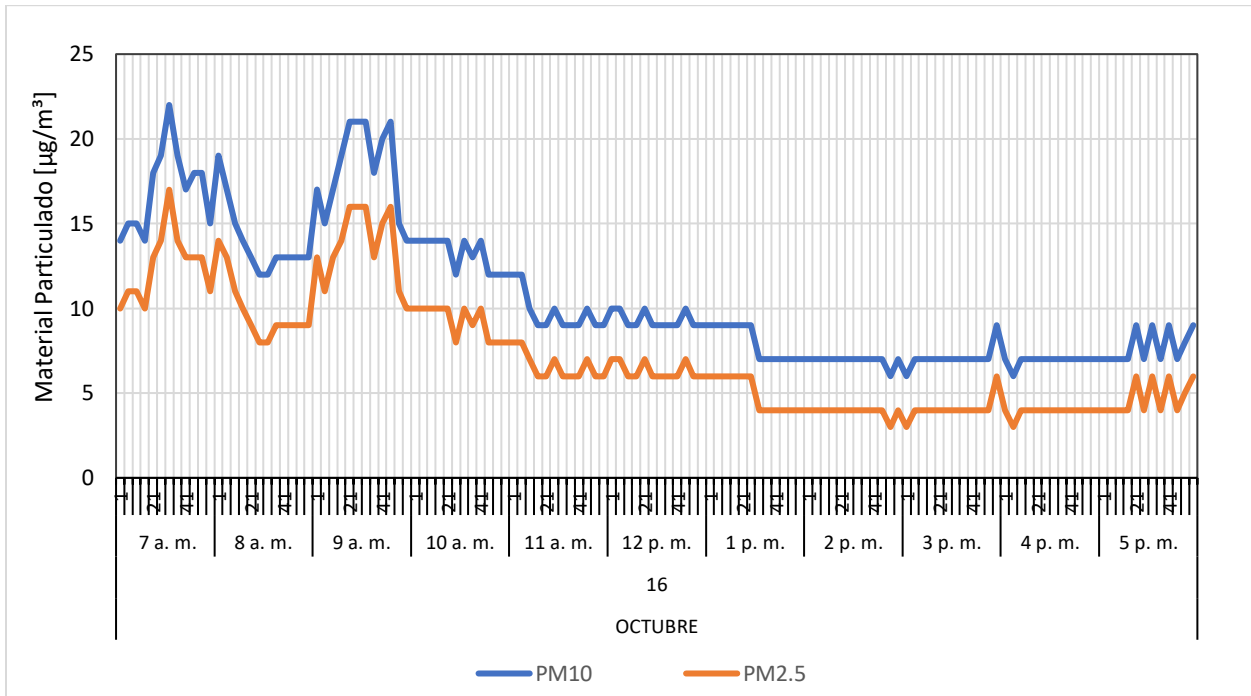


Figura B101

Material particulado para el 17 de octubre de 2021

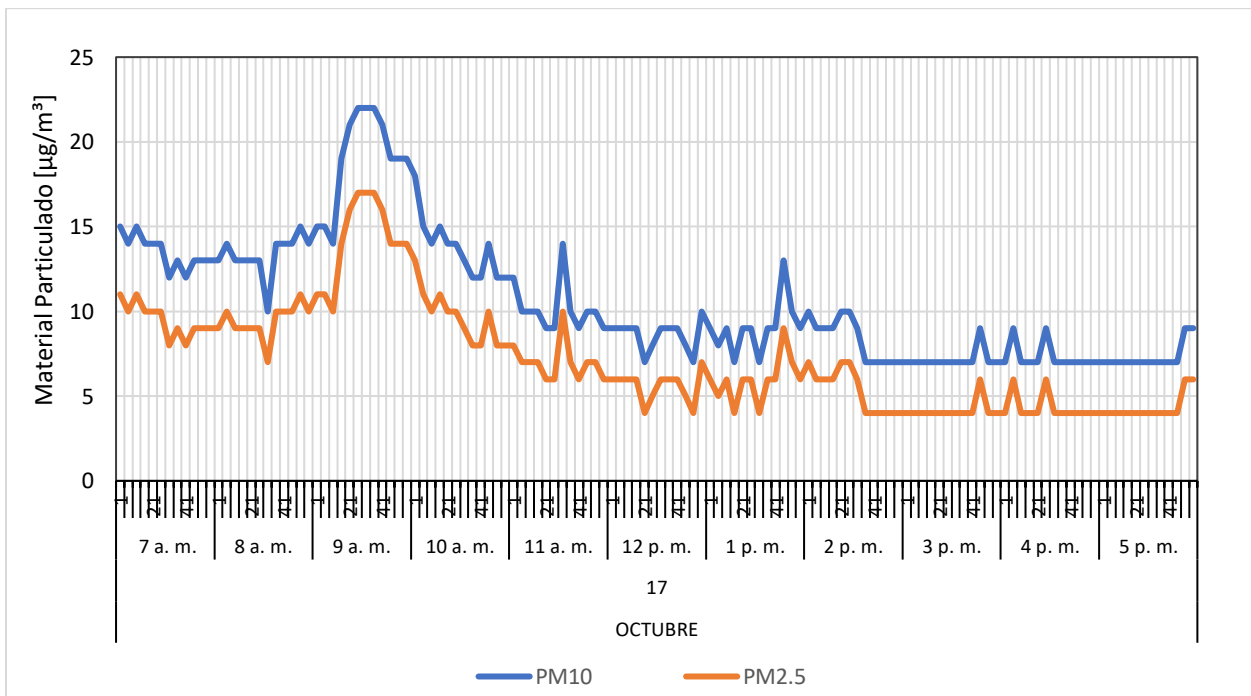


Figura B102

Material particulado para el 18 de octubre de 2021

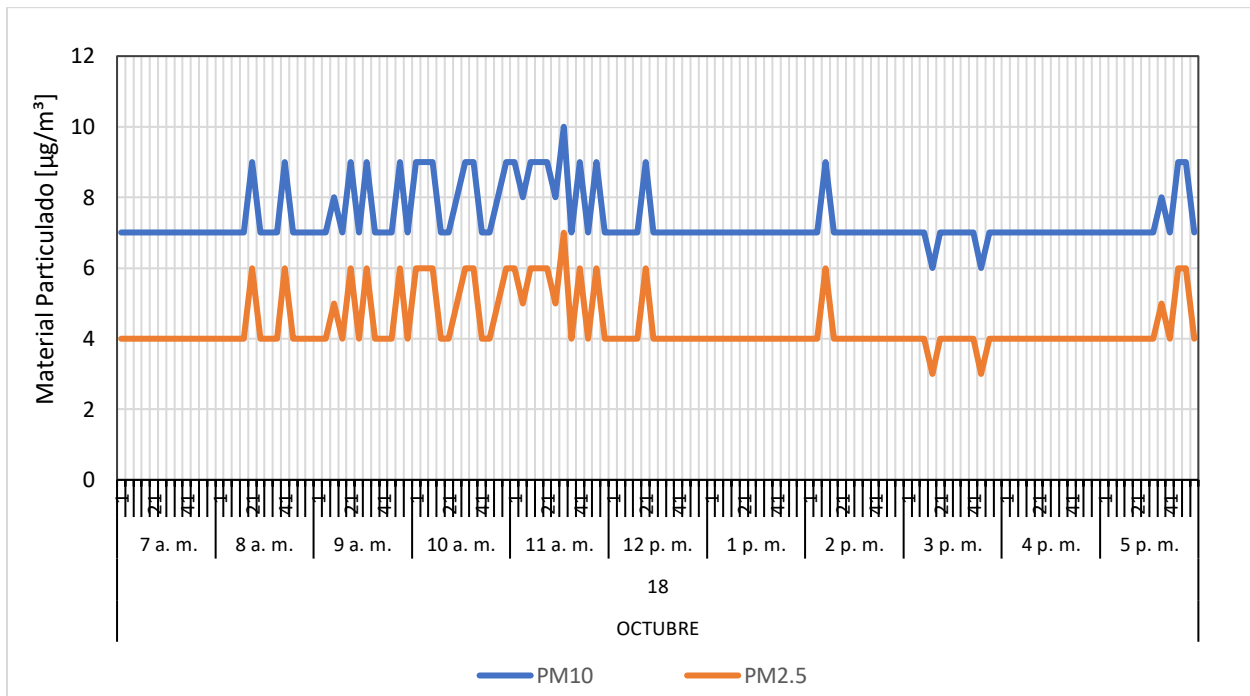


Figura B103

Material particulado para el 19 de octubre de 2021

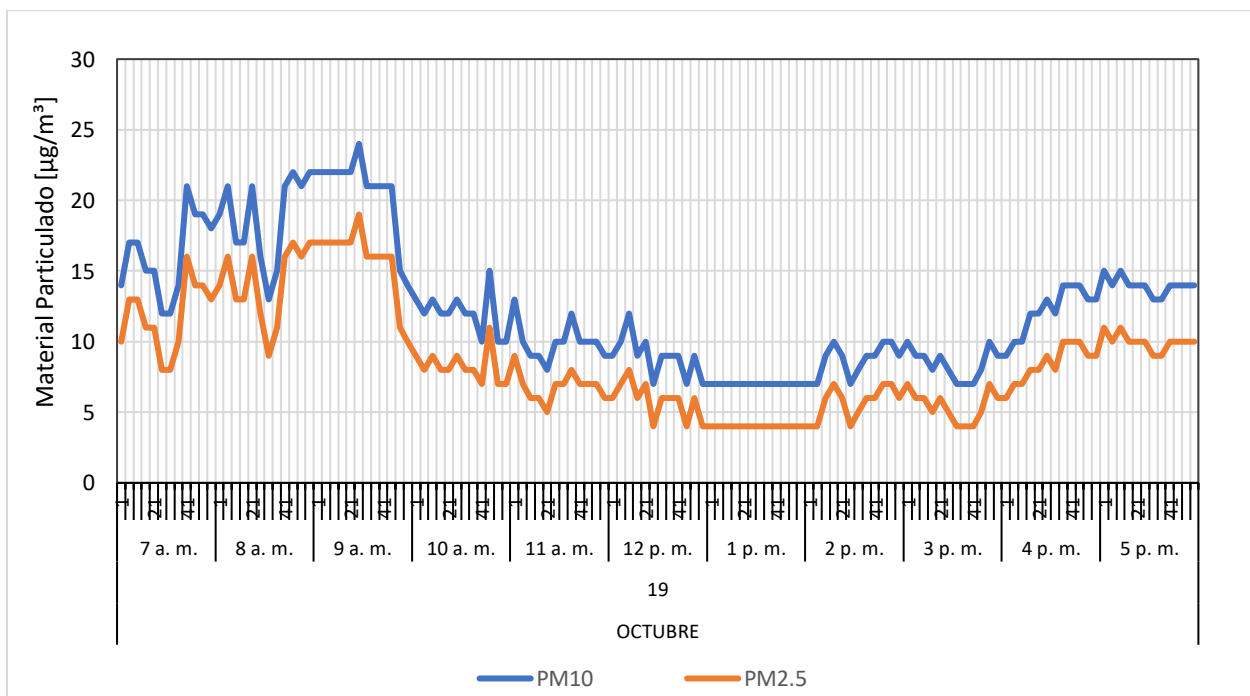


Figura B104

Material particulado para el 20 de octubre de 2021

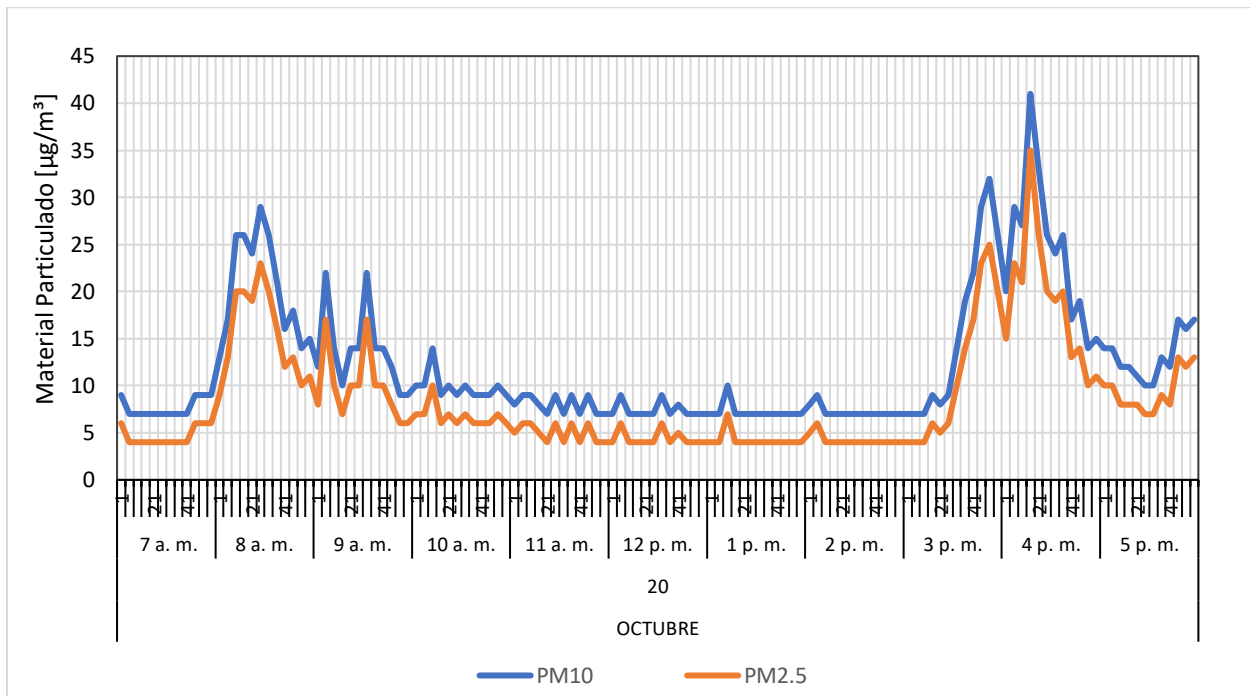


Figura B105

Material particulado para el 21 de octubre de 2021

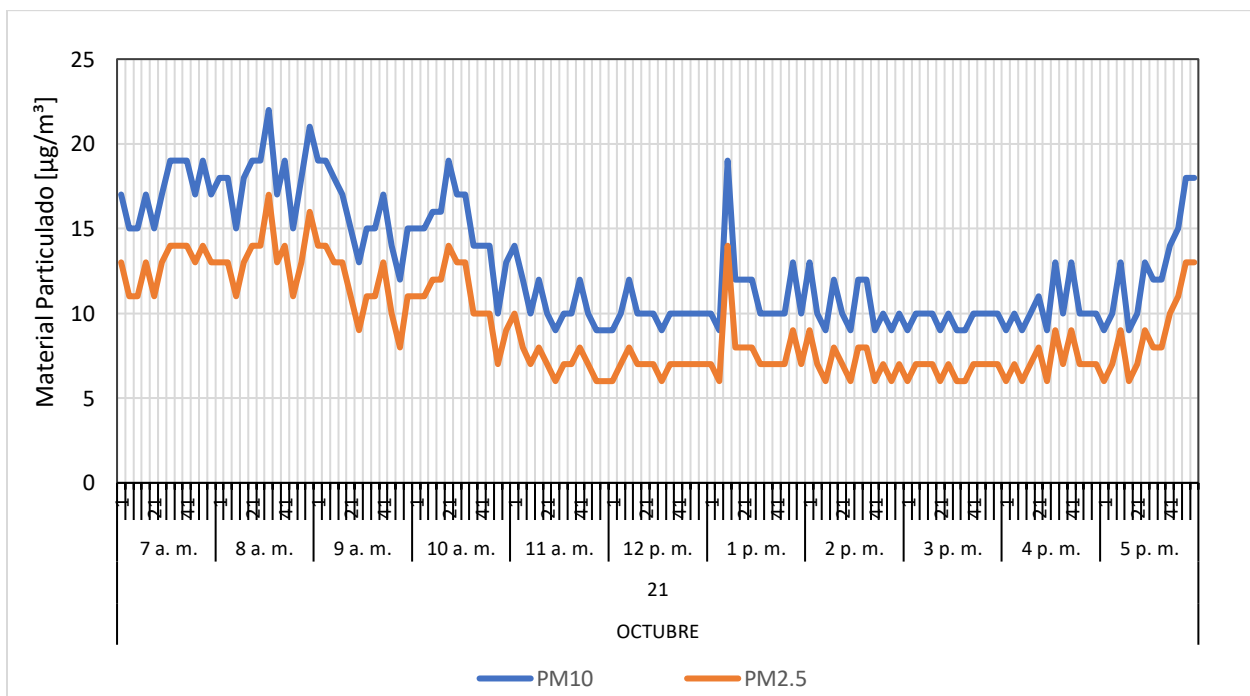


Figura B106

Material particulado para el 22 de octubre de 2021

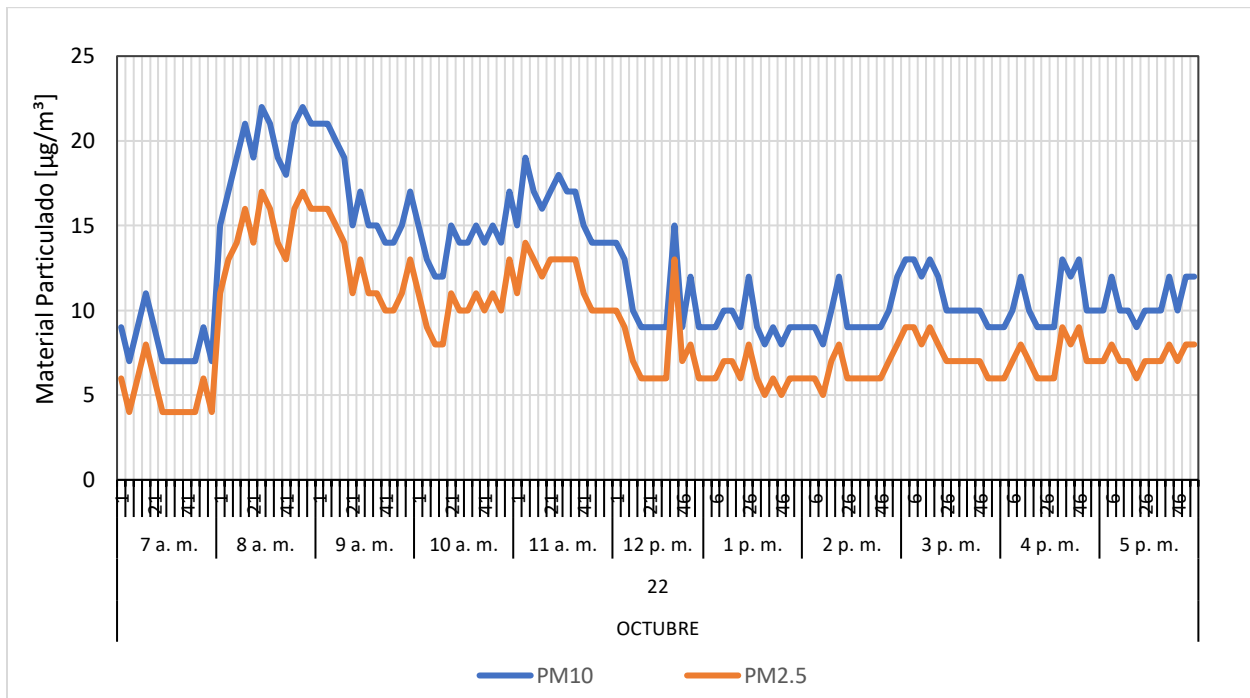


Figura B107

Material particulado para el 23 de octubre de 2021

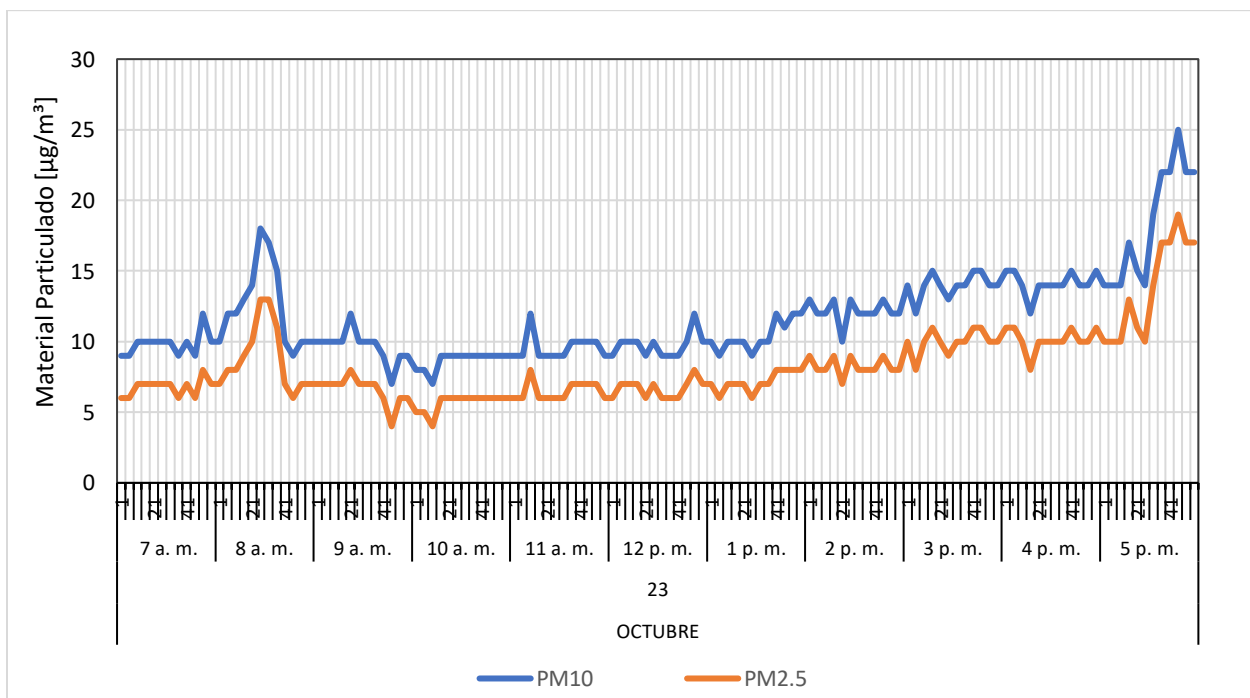


Figura B108

Material particulado para el 24 de octubre de 2021

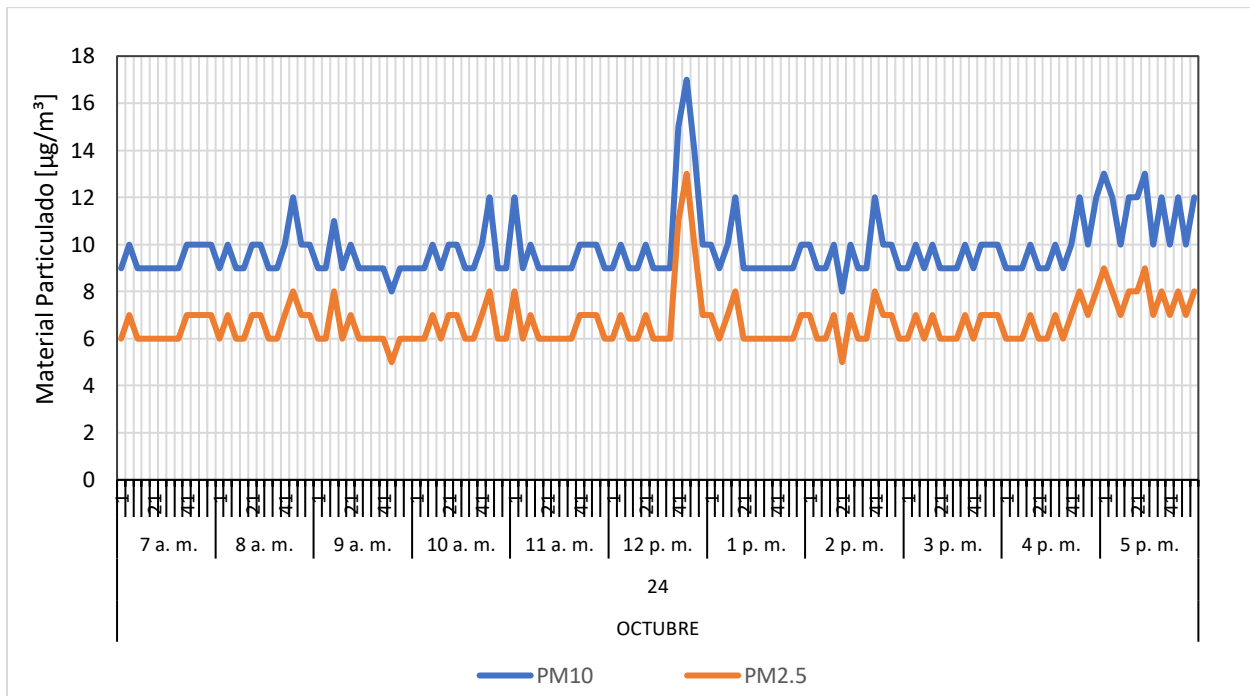


Figura B109

Material particulado para el 25 de octubre de 2021

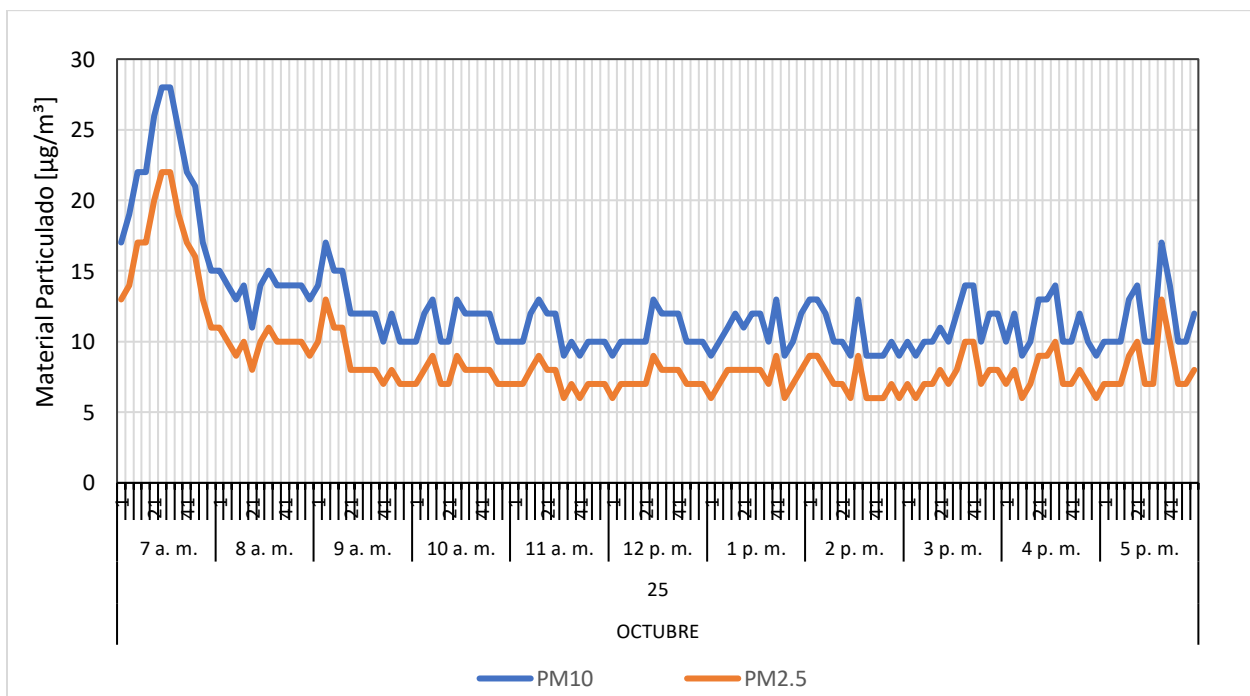


Figura B110

Material particulado para el 26 de octubre de 2021

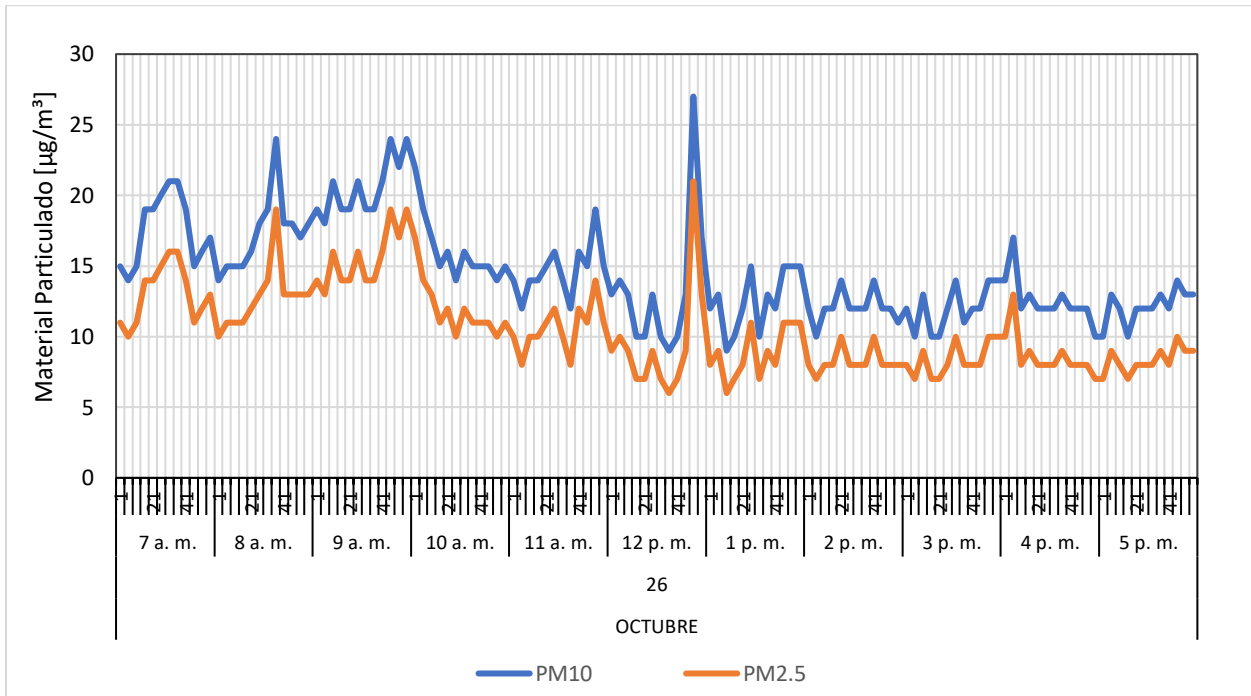


Figura B111

Material particulado para el 27 de octubre de 2021

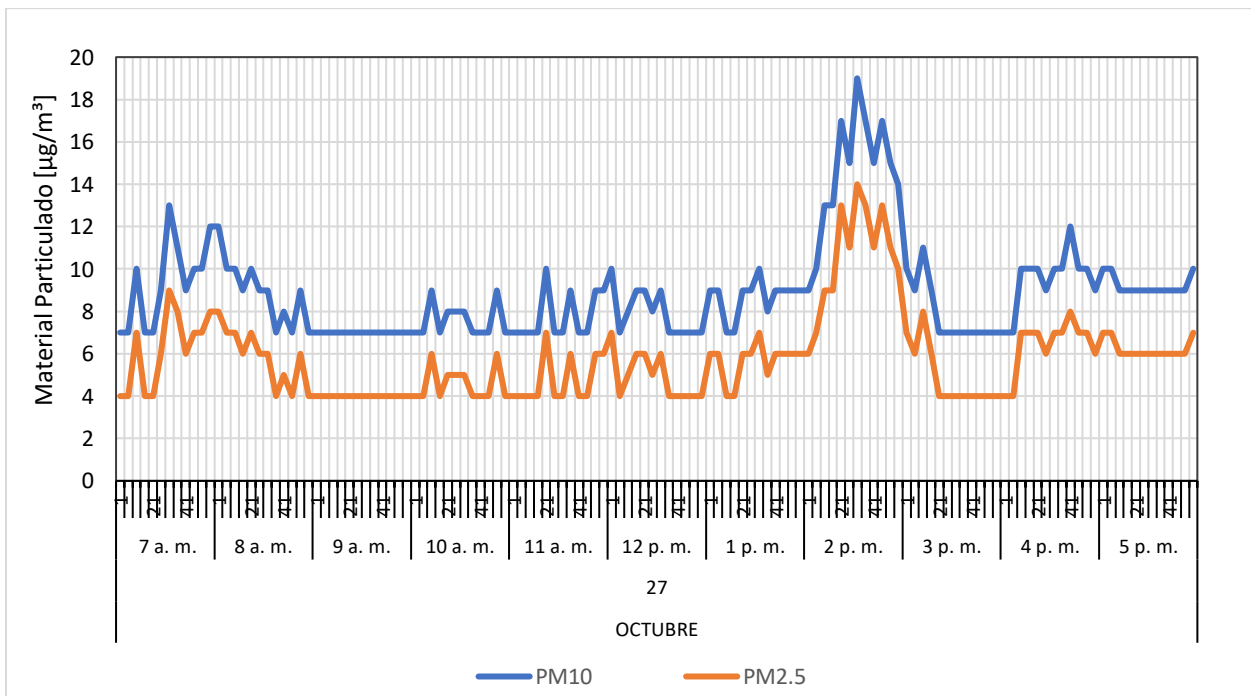


Figura B112

Material particulado para el 28 de octubre de 2021

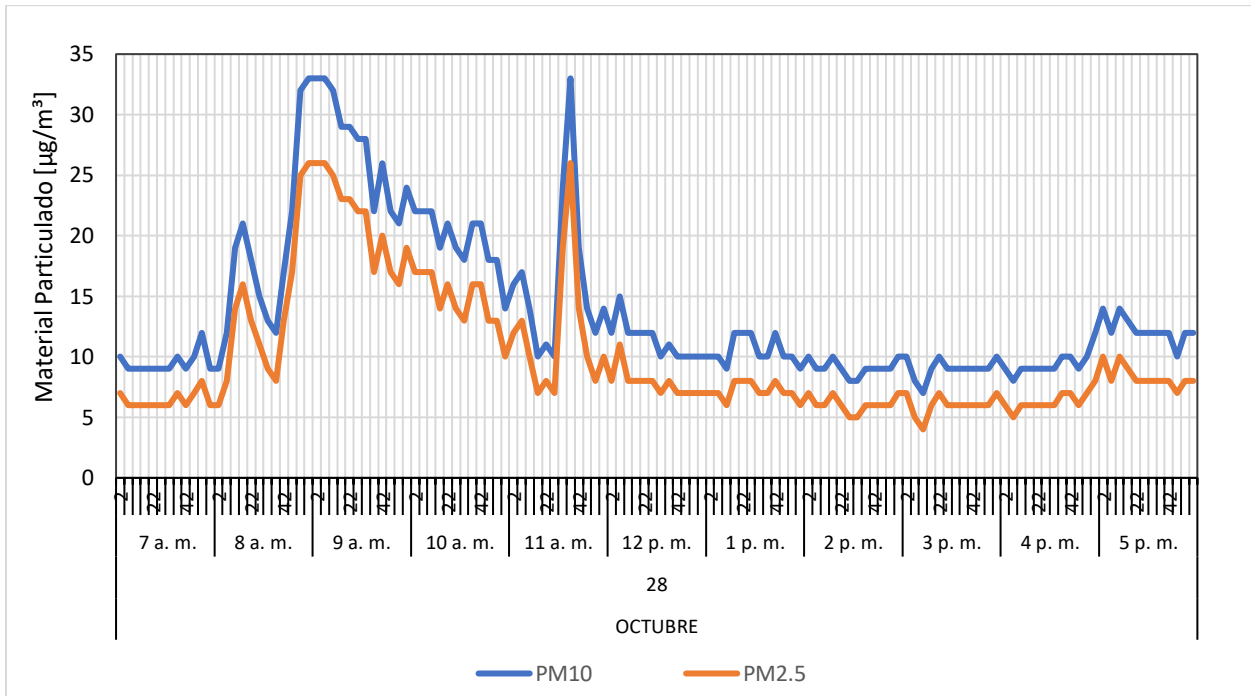


Figura B113

Material particulado para el 29 de octubre de 2021

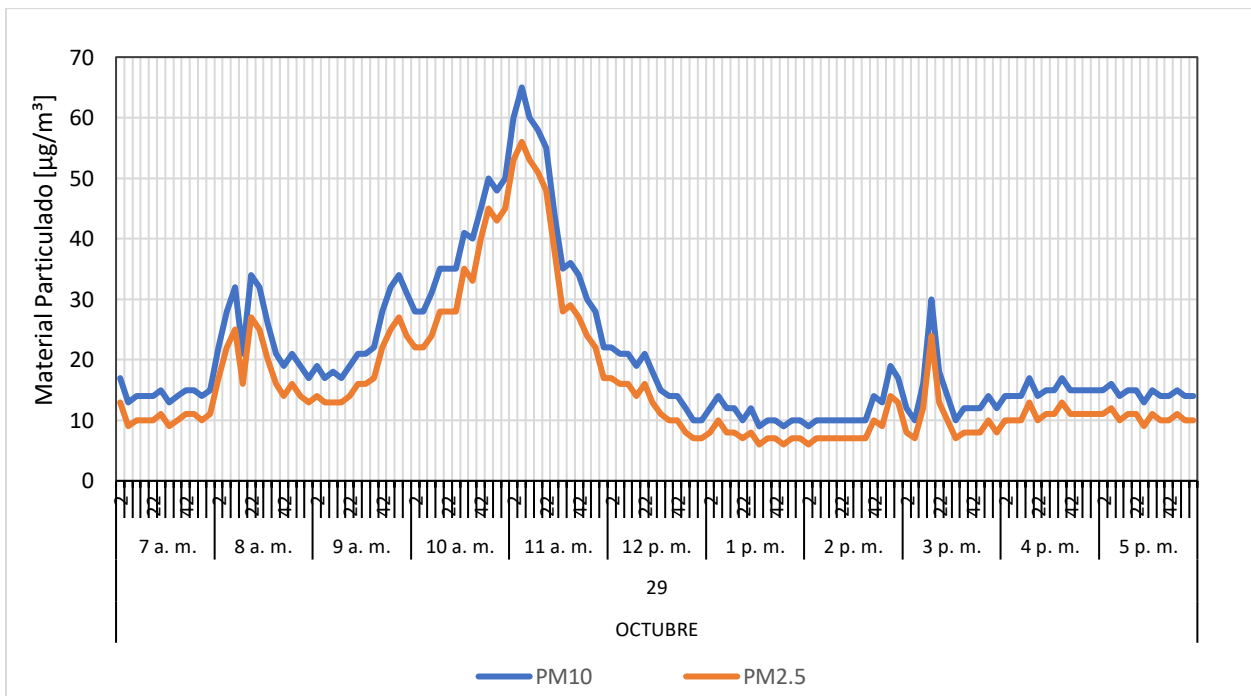


Figura B114

Material particulado para el 30 de octubre de 2021

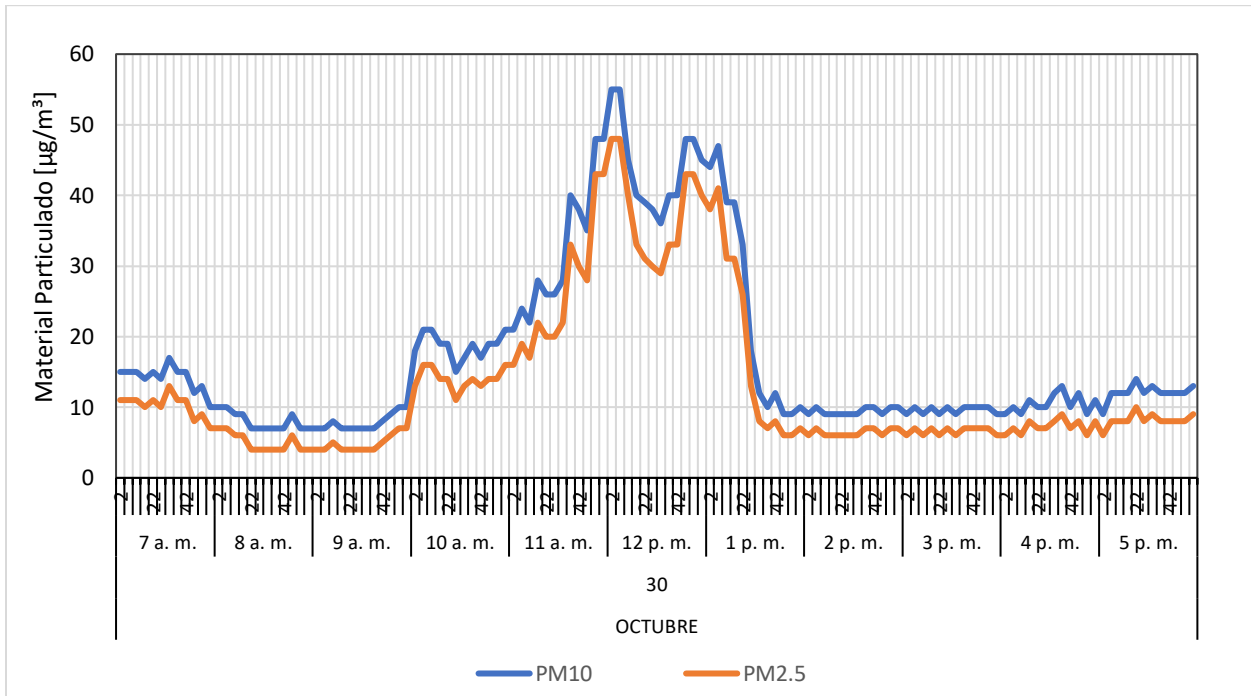


Figura B115

Material particulado para el 31 de octubre de 2021

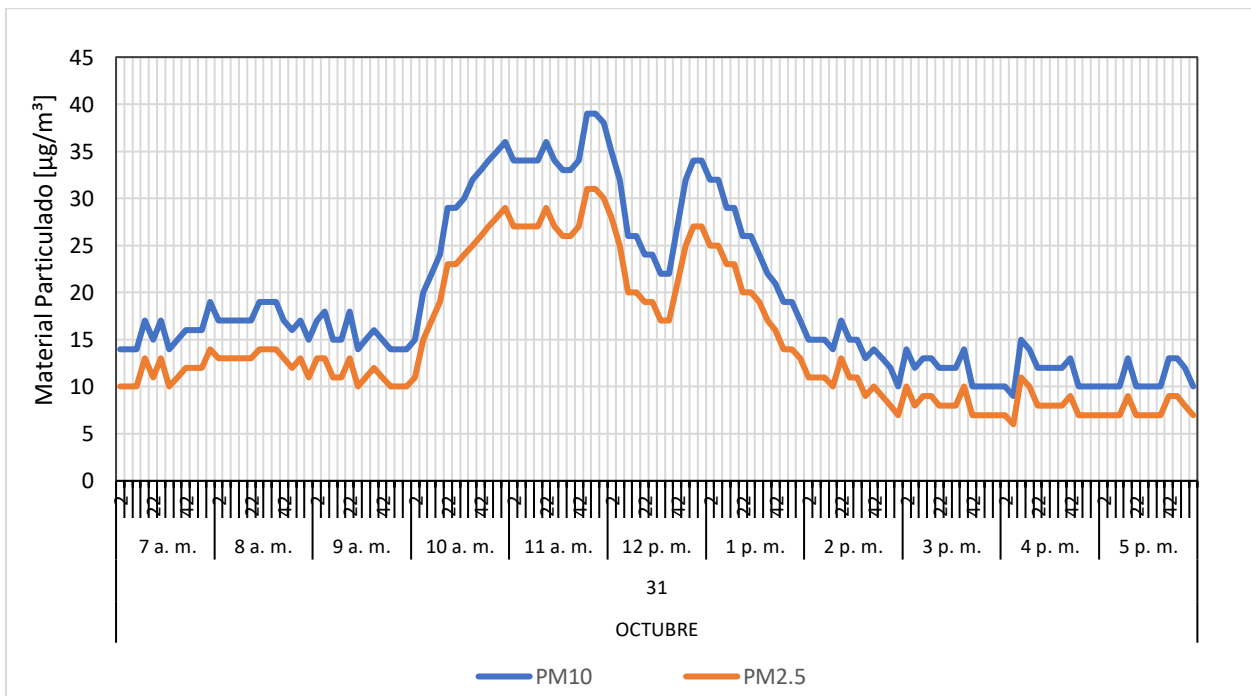


Figura B116

Material particulado para el 1 de noviembre de 2021

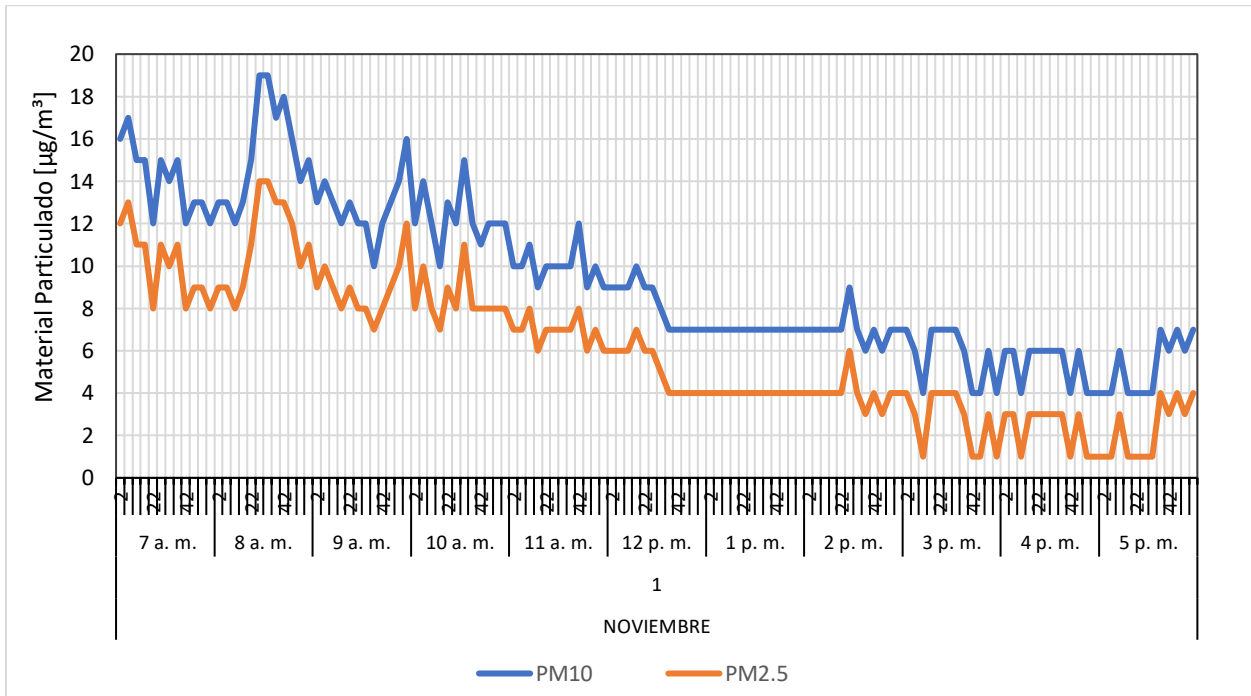


Figura B117

Material particulado para el 2 de noviembre de 2021

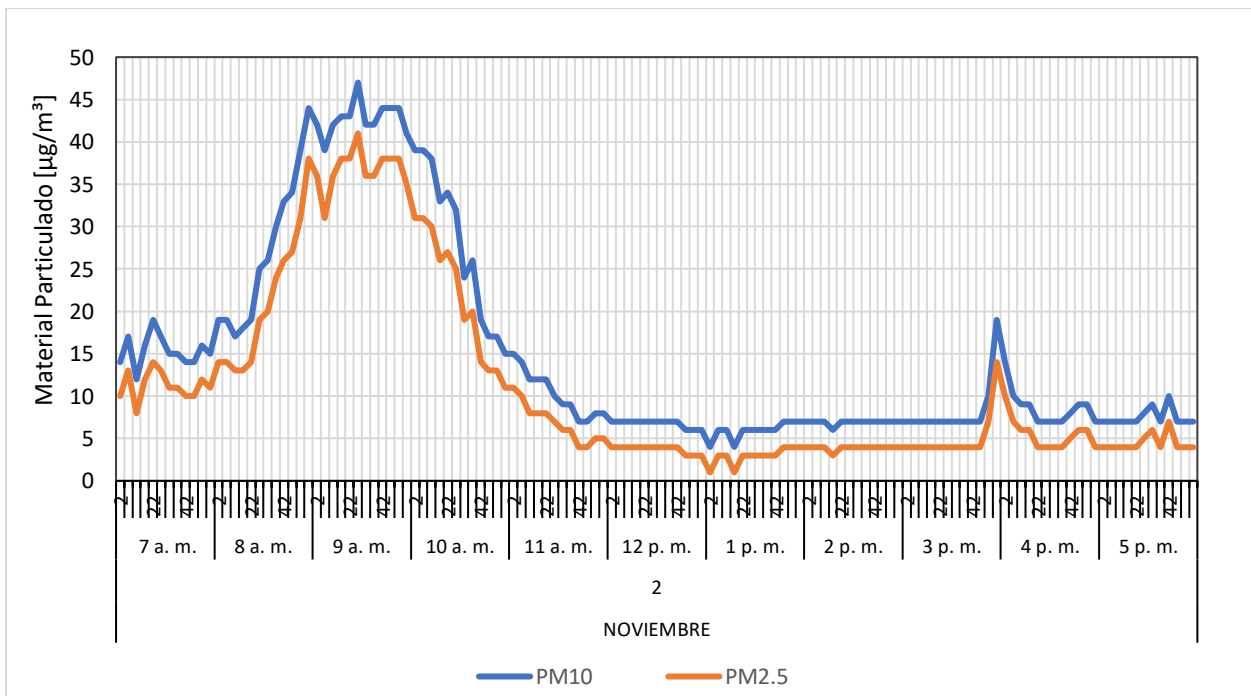


Figura B118

Material particulado para el 3 de noviembre de 2021

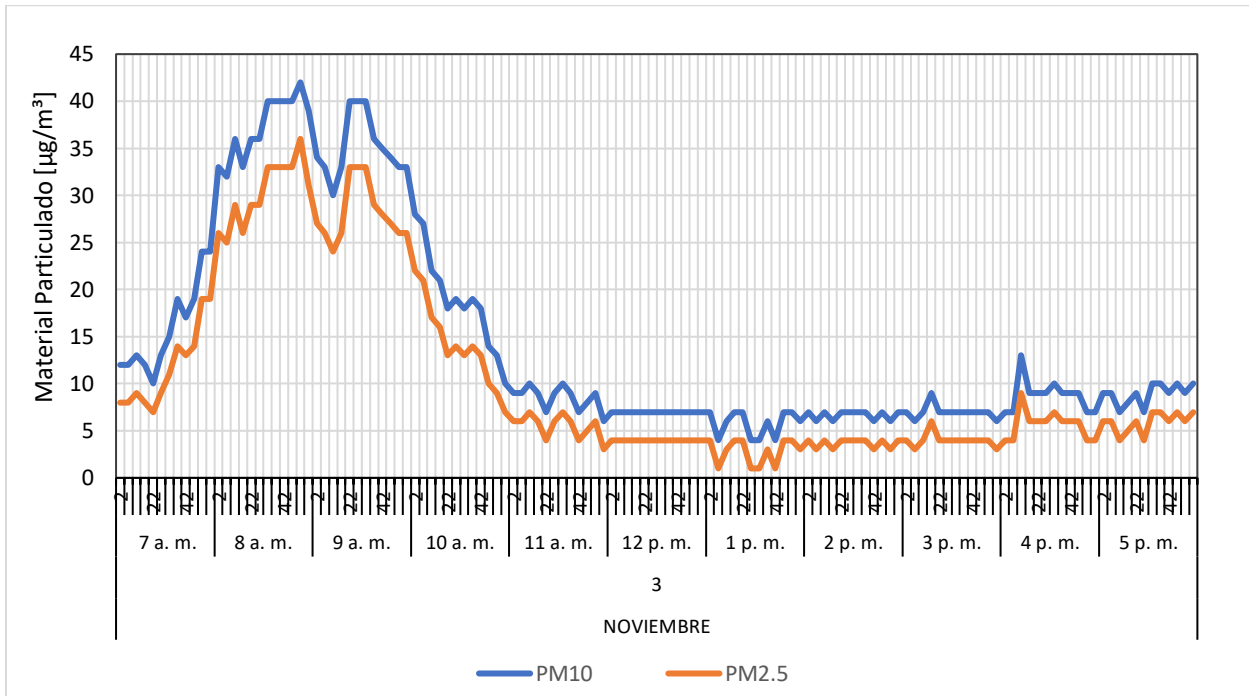


Figura B119

Material particulado para el 4 de noviembre de 2021

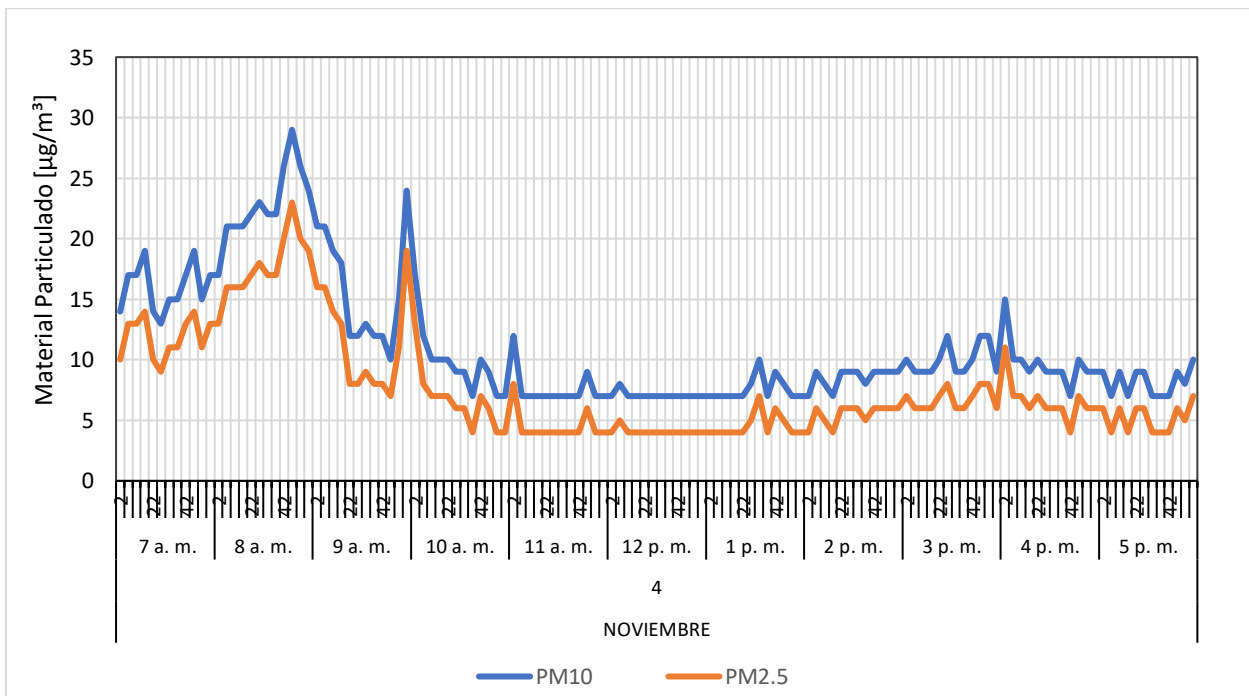


Figura B120

Material particulado para el 5 de noviembre de 2021

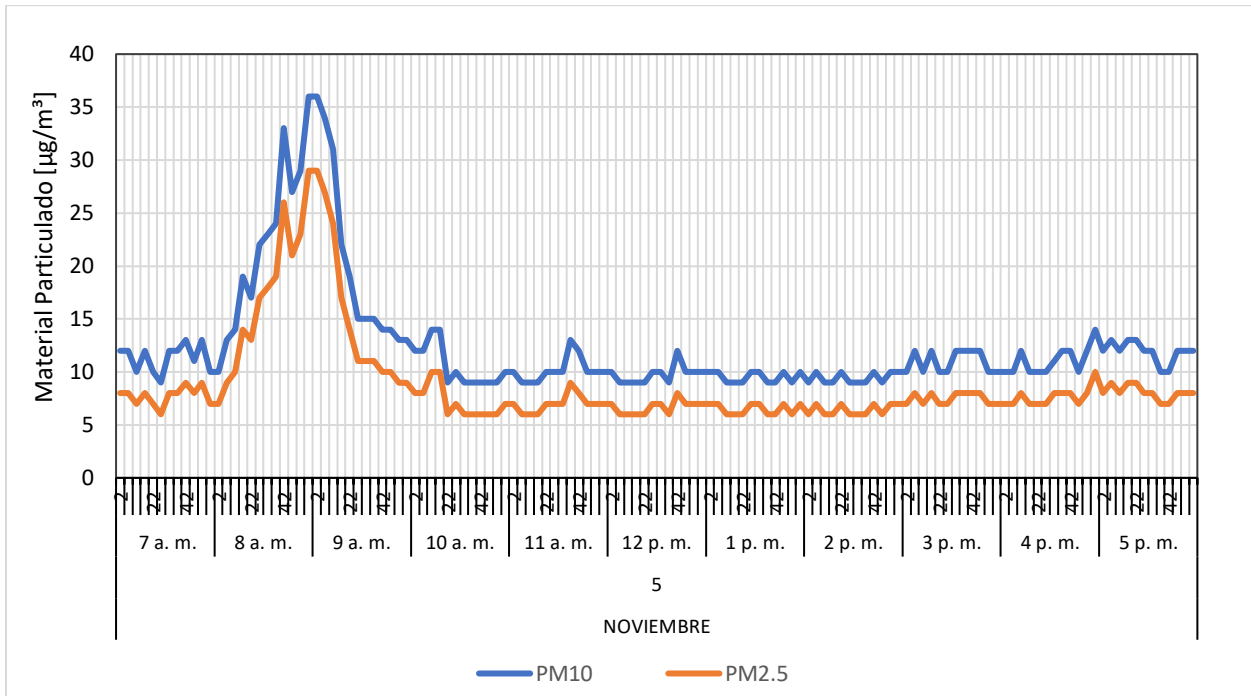


Figura B121

Material particulado para el 6 de noviembre de 2021

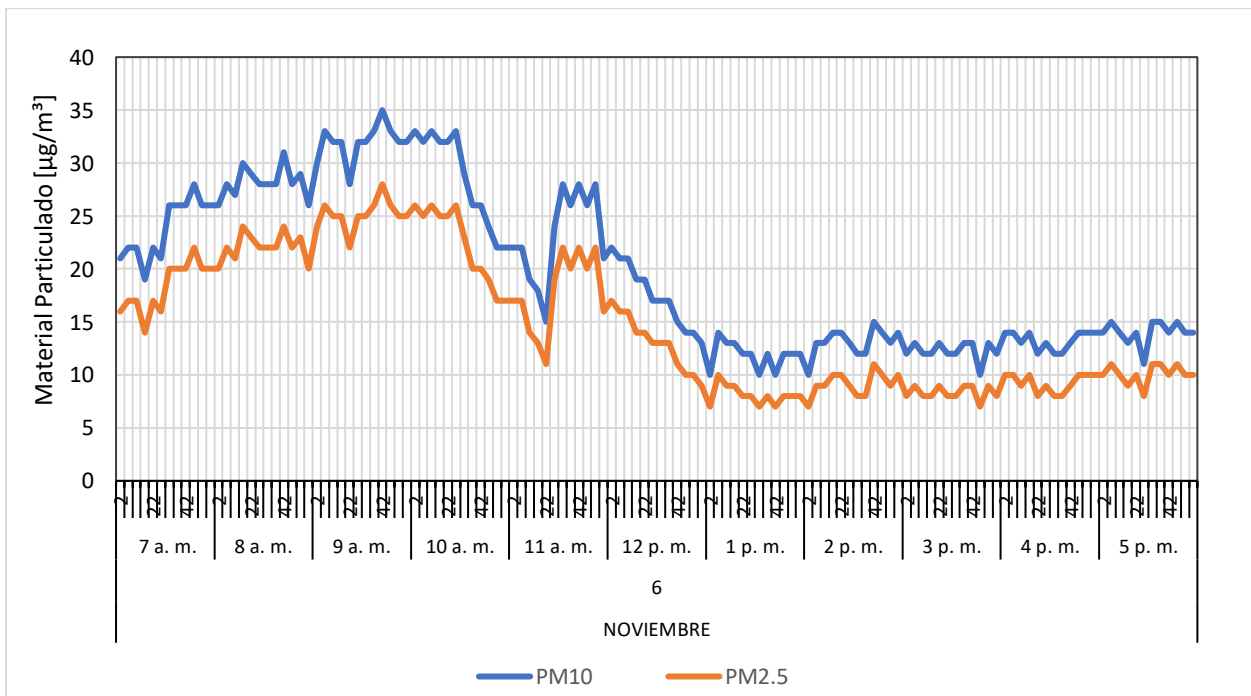


Figura B122

Material particulado para el 7 de noviembre de 2021

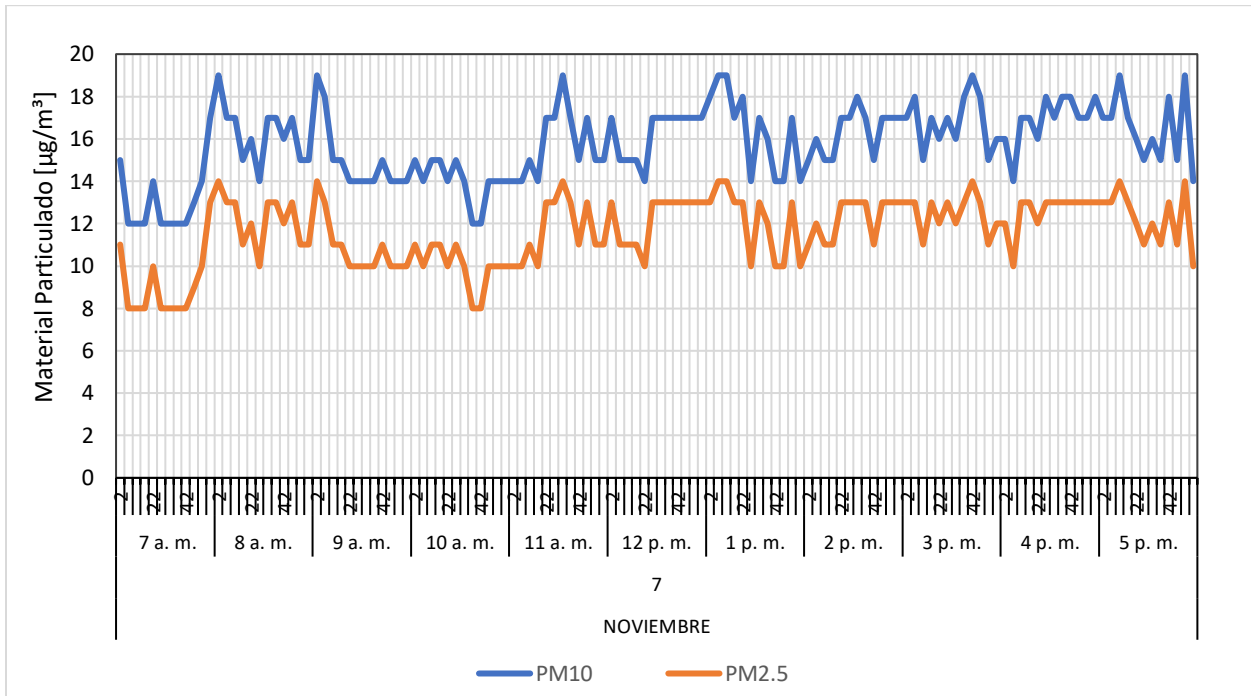
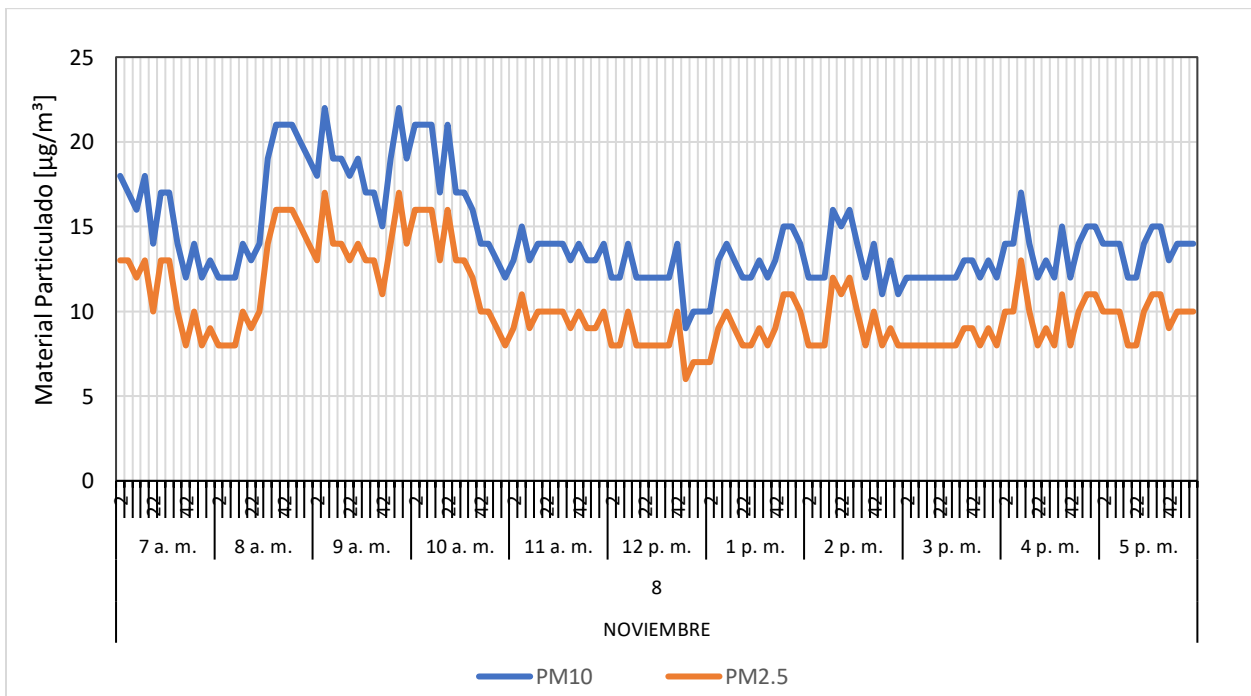


Figura B123

Material particulado para el 8 de noviembre de 2021



Apéndice C. Cálculos y diseño del sistema de ventilación

C.1. Cálculo de la renovación del aire

Mediante el uso del estándar ANSI/ASHRAE 62.1 se determinó la tasa mínima de renovación para tener una calidad de aire interior adecuada. De este estándar se utilizó el procedimiento de la tasa de ventilación para determinar el caudal de aire exterior (V_{ot}), para ello como primer paso es necesario calcular el caudal de aire exterior en la zona de respiración (V_{bz}) mediante la siguiente ecuación.

$$V_{bz} = R_p * P_z + R_a * A_z$$

Donde

A_z – Superficie neta habitable de la zona ventilada

P_z – Número de personas en la zona ventilada en horario de uso

R_p – Caudal de aire requerido por persona determinado mediante la Tabla C1.

R_a – Caudal de aire exterior requerido por unidad de superficie determinado mediante la Tabla C1.

El número de personas que trabajan en este recinto es de 6 y posee un área de 2749 ft². Los valores de R_p y R_a se terminan de la tabla

C1 de acuerdo con el tipo de ocupación, para este recinto, la que más se asemeja es: Manufactura en general (no incluye industria pesada y procesos industriales que utilicen productos químicos).

Utilizando los valores de la tabla se determina V_{bz} .

$$V_{bz} = (10 * 6) + (0,18 * 2749) = 555 \text{ cfm} = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla C1

Tasas mínimas de ventilación en la zona de respiración

Tipo de ocupación	Tasa de aire exterior para las personas R_p		Tasa de aire exterior por superficie R_s		Notas	Valores por defecto			Aire Clase	
	cfm/persona	l/s/persona	cfm/ft ²	l/s·m ²		Densidad de ocupación (ver Nota 4)	Tasa de aire exterior combinada (ver Nota 5)			
						#/1000 ft ² or #/100 m ²	cfm/persona	l/s/persona		
Edificios de oficinas										
Descanso	5	2,5	0,12	0,6		50	7	3,5	1	
Vestibulo principal	5	2,5	0,06	0,3	H	10	11	5,5	1	
Salas de almacén de materiales secos	5	2,5	0,06	0,3		2	35	17,5	1	
Espacio de oficinas	5	2,5	0,06	0,3	H	5	17	8,5	1	
Zonas de recepción	5	2,5	0,06	0,3	H	30	7	3,5	1	
Telefonía/manejo de datos	5	2,5	0,06	0,3	H	60	6	3,0	1	
Espacios variados										
Depósitos de bancos/cajas de seguridad	5	2,5	0,06	0,3	H	5	17	8,5	2	
Bancos o recepción en bancos	7,5	3,8	0,06	0,3	H	15	12	6,0	1	
Ordenadores (sin impresión)	5	2,5	0,06	0,3	H	4	20	10,0	1	
Congeladores y espacios refrigerados (<50°F)	10	5	0	0	E	0	0	0	2	
Maufactura en general (no incluye industria pesada y procesos industriales que utilicen productos químicos)	10	5,0	0,18	0,9		7	36	18	3	
Farmacia (área de preparación)	5	2,5	0,18	0,9		10	23	11,5	2	
Estudios de fotografía	5	2,5	0,12	0,6		10	17	8,5	1	
Envío y recepción de paquetería	10	5	0,12	0,6	B	2	70	35	2	
Clasificación y embalaje	7,5	3,8	0,12	0,6		7	25	12,5	2	

Nota. Tomado de Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (p. 15), por ASHRAE, 2016.

A continuación, se calcula el caudal de aire exterior en la zona (V_{Oz}) mediante la siguiente ecuación.

$$V_{Oz} = V_{bz}/E_z$$

Donde

E_z – Efectividad de la distribución del aire en la zona

La efectividad de la distribución de aire en la zona se determina con la tabla C2 de acuerdo con la configuración de la distribución de aire, que para este diseño es: Impulsión de aire frío desde el techo.

Tabla C2*Efectividad de la distribución de aire en la zona*

Configuración de la distribución de aire	E_z
Impulsión de aire frío desde el techo	1,0
Impulsión de aire caliente desde el techo y retorno desde el suelo	1,0
Impulsión de aire caliente desde el techo, más de 8°C (15°F) sobre la temperatura en el espacio del local y retorno en el techo	0,8
Impulsión de aire caliente desde el techo, menos de 8 °C (15°F) sobre la temperatura en el espacio del local y retorno en el techo, siempre que el dardo del aire de impulsión a 0,8 m/s (150 fpm) alcance hasta 1,4 m (4,5 ft) sobre el nivel del suelo (ver Nota 6)	1,0
Suministro de aire frío desde el suelo y retorno desde el techo, siempre que el tiro vertical de impulsión sea superior a 0,25 m/s (50 fpm) a una altura de 1,4 m (4,5 ft) o más sobre el nivel del suelo	1,0
Suministro de aire frío desde el suelo y retorno desde el techo, siempre que la ventilación por desplazamiento a baja velocidad alcance flujo unidireccional y estratificación térmica, o sistemas de distribución de aire por falso suelo en los que el tiro vertical de impulsión sea inferior o igual a 0,25 m/s (50 fpm) a una altura de 1,4 m (4,5 ft) sobre el nivel del suelo	1,2
Suministro de aire caliente por suelo y retorno por suelo	1,0
Suministro de aire caliente por suelo y retorno por techo	0,7
Suministro de aire de renovación en la parte opuesta a la extracción, retorno o ambos	0,8
Suministro de aire de renovación cerca de la extracción, retorno o ambos	0,5

Nota. Tomado de Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality (p. 17), por ASHRAE, 2016.

Utilizando el valor de la tabla se determina V_{Oz} .

$$V_{Oz} = 555/1 = 555 \text{ cfm} = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para los sistemas de ventilación, en los que una o varias unidades de tratamiento de aire impulsan una mezcla de aire exterior y recirculado a una única zona ventilada, el caudal de aire exterior (V_{Ot}) se determinará por la siguiente ecuación.

$$V_{Ot} = V_{Oz}$$

$$V_{Ot} = 555 \text{ cfm} = 0,26 \text{ m}^3/\text{s}$$

Así se tiene que el sistema de ventilación debe impulsar 555 *cfm* de aire de renovación al recinto.

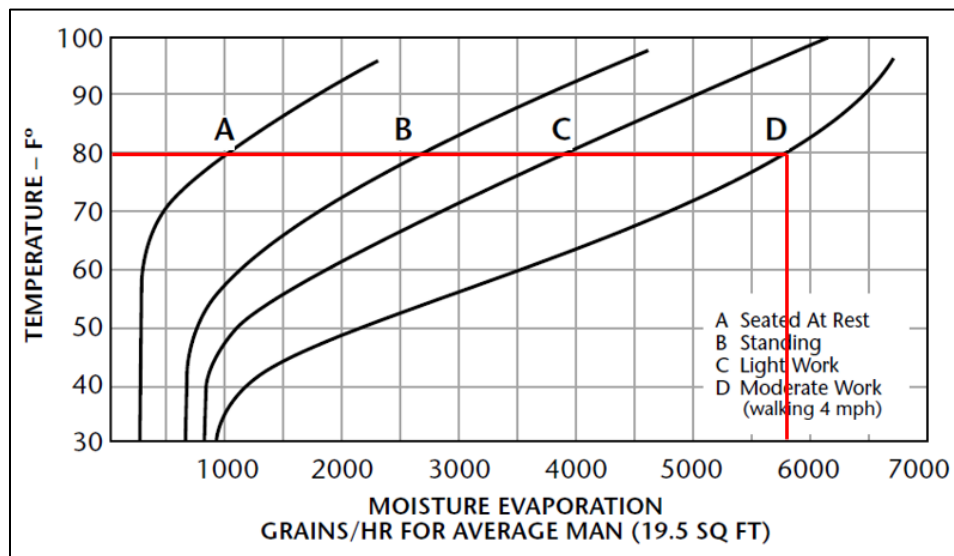
C.2. Cálculo de la carga latente dentro del recinto

Las fuentes más significativas de carga latente que debe ser extraída por el deshumidificador provienen de la actividad humana en el recinto y del aire de renovación. A continuación, se calcula el valor de dicha carga para la selección del equipo.

En la siguiente imagen se muestran las tasas típicas de liberación de humedad para personas que realizan diferentes grados de actividad física, en este caso se considera que las 6 personas que trabajan dentro del recinto ejercen un trabajo moderado en una temperatura ambiental de 27°C (80,6 °F).

Figura C1

Tasas de liberación de humedad para un hombre promedio



Nota. Tomado de The Dehumidification Handbook (p. 69), por Harriman, 2002, Munters Corporation

Para este caso la tasa de humedad corresponde a 5800 granos/hr por cada persona en el recinto, así la carga latente total es igual a:

$$W_n = 6 \text{ personas} * 5800 \text{ granos/hr} = 34800 \text{ granos/hr}$$

De acuerdo con Harriman (2002) la carga de humedad que representa para el sistema el aire de renovación se calcula mediante la siguiente ecuación:

Figura C2

Determinación de la carga de humedad debida al aire de renovación

$W_m = Q \times d \times 60 \times (M_o - M_i)$	Moisture load from fresh air (gr/hr)
	Moisture level inside the room (gr/lb)
	Moisture level of the fresh air (gr/lb)
	Minutes per hour
	Air density (lb/cu.ft.)
	Sum of airflows necessary for ventilation, pressurization and exhaust air make-up (cfm)

Nota. Tomado de The Dehumidification Handbook (p. 81), por Harriman, 2002, Munters Corporation

Para este caso el aire de renovación se calculó anteriormente y corresponde a 555 *cfm*, la densidad del aire en las unidades especificadas es igual a 0,06492 *lb/cu. ft.*

$$Q = 555 \text{ cfm}$$

$$d = 0,06492 \text{ lb/cu. ft.}$$

Las condiciones ambientales deseadas dentro del recinto corresponden a una temperatura de 24°C y una humedad relativa de 60%. Usando el software Psychrometrics Program se calculó el valor de la humedad absoluta que corresponde para dicho punto.

$$M_i = 73,8 \text{ granos/lb}$$

Figura C3

Cálculo de la humedad absoluta dentro del recinto

The screenshot displays the software interface for calculating absolute humidity. It is divided into two main sections:

- Altitud:** A field for altitude in meters (m) with a value of 959,0.
- Points:** A section for defining a point (P1) with buttons for 'Añadir', 'Editar', and 'Eliminar'. It includes input fields for:
 - Temperatura bulbo seco: 24,0 °C
 - Humedad relativa: 60,0 %
 - Caudal: 0,1 l/s
- Punto de datos (P1):** A table showing calculated values for the defined point:

Temperatura bulbo seco	24,0°C
Temperatura bulbo húmedo	18,7°C
Punto de rocío	15,8°C
Humedad relativa	60,0%
Humedad absoluta	73,8GPP

Nota. Tomado del software Psychrometrics Program.

Para calcular el valor de la humedad absoluta del aire exterior se determinó cual fue la temperatura del punto de rocío máxima durante los últimos dos años, pues los puntos de rocío más altos se relacionan con un mayor contenido de humedad absoluta. Dicho análisis se realizó usando los datos suministrados por la estación meteorológica ubicada en la Universidad Industrial de Santander. Se determinó así que la máxima temperatura de punto de rocío registrada fue de 23,8°C, con una temperatura de 28°C y una humedad relativa del 78%. Usando el software Psychrometrics Program se calculó el valor de la humedad absoluta que corresponde para dicho punto.

$$M_o = 122,8 \text{ granos/lb}$$

Figura C4

Cálculo de la humedad absoluta del aire exterior

The screenshot shows the software interface for defining a point (P2) and displaying its psychrometric data. The 'Points' section includes a 'Definición de punto' area with fields for 'Nombre de punto' (P2), 'Temperatura bulbo seco' (28,0 °C), 'Humedad relativa' (78,0 %), and 'Caudal' (0,1 l/s). Below this, the 'Punto de datos (P2)' section displays the calculated values: 'Temperatura bulbo seco' (28,0°C), 'Temperatura bulbo húmedo' (25,0°C), 'Punto de rocío' (23,8°C), 'Humedad relativa' (78,0%), and 'Humedad absoluta' (122,8GPP).

Punto de datos (P2)	
Temperatura bulbo seco	28,0°C
Temperatura bulbo húmedo	25,0°C
Punto de rocío	23,8°C
Humedad relativa	78,0%
Humedad absoluta	122,8GPP

Nota. Tomado del software Psychrometrics Program.

Se tiene así que la carga de humedad del aire de renovación es igual a:

$$W_m = (555 \text{ cfm})(0,06492 \text{ lb/cu. ft})(60)(122,8 \text{ granos/lb} - 73,8 \text{ gr/lb})$$

$$W_m = 105930 \text{ granos/hr}$$

La carga total de humedad es igual a:

$$W = 105930 \text{ granos/hr} + 34800 \text{ granos/hr} = 140730 \text{ granos/hr} =$$

$$W = 9,11 \text{ kg/hr} = 218,6 \text{ kg/24 hr}$$

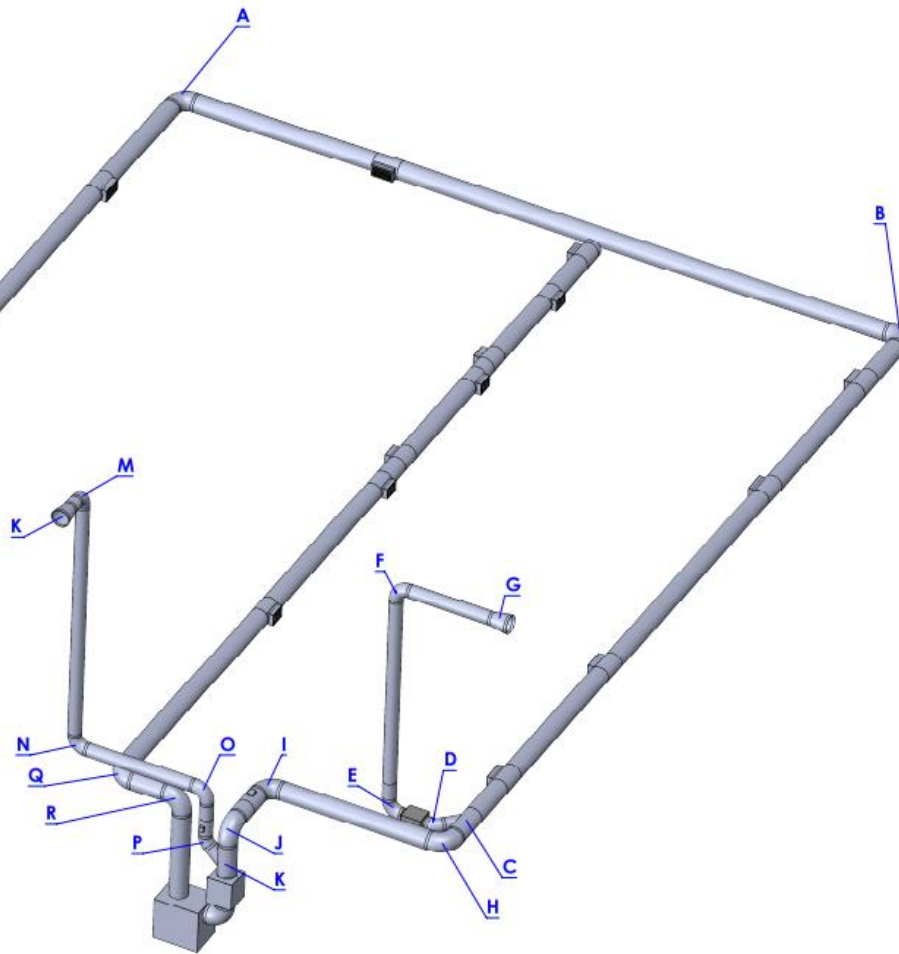
Es decir, el deshumidificador debe tener una capacidad para condensar 218,6 kg de agua en 24 horas, considerando que la densidad del agua es de 1 kg/L, es equivalente a 218,6 litros en 24 horas. Con este parámetro se realiza la selección del equipo.

C.3. Coeficientes de pérdida de los accesorios del sistema de ventilación

En esta sección se determinará los coeficientes de pérdida de todos los accesorios del sistema de ventilación. En la figura C5 se muestra la ubicación y la letra asignada a cada accesorio en el sistema de ventilación.

Figura C5

Accesorios del sistema de ventilación



C.3.1. Codos a 90°

Todos los codos del sistema tienen una relación $r/D = 1$, existen diámetros de 250 mm y 355 mm. De la tabla C3, para los diámetros anteriores se puede determinar que el coeficiente de pérdida es 0,24.

Tabla C3

Coefficientes de pérdida para codo $r/D = 1$

CD3-2 Elbow, Die Stamped, 90 Degree, $r/D = 1.0$ (UMC 1985, Report SRF785)							
D, (mm)	(200)	(230)	(250)	(300)	(315)	(355)	(400)
Co	0.24	0.24	0.24	0,24	0,24	0,24	0,24

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.29), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

C.3.2. Unión Divergente (Accesorio C)

Es necesario determinar las relaciones de caudal y áreas para determinar el coeficiente de pérdida para la parte recta (C_s), de la tabla C5, y para la derivación (C_b), de la tabla C4.

$$\frac{Q_b}{Q_c} = \frac{0,262 \text{ m}^3/\text{s}}{0,777 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,337$$

$$\frac{Q_s}{Q_c} = \frac{0,515 \text{ m}^3/\text{s}}{0,777 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,663$$

$$\frac{A_b}{A_c} = \frac{\pi * 0,125^2}{\pi * 0,1775^2} = 0,495$$

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{\pi * 0,1775^2}{\pi * 0,1775^2} = 1$$

Es necesario interpolar utilizando los valores anteriores.

Tabla C4

Coficiente de pérdidas para la parte de derivación de la unión divergente

SD5-1 Wye, 45 Degree, Diverging									
A_b/A_c	C_b Values								
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	0.38	0.39	0.48						
0.2	2.25	0.38	0.31	0.39	0.46	0.48	0.45		
0.3	6.29	1.02	0.38	0.30	0.33	0.39	0.44	0.48	0.48
0.4	12.41	2.25	0.74	0.38	0.30	0.31	0.35	0.39	0.43
0.5	20.58	4.01	1.37	0.62	0.38	0.30	0.30	0.32	0.36
0.6	30.78	6.29	2.25	1.02	0.56	0.38	0.31	0.30	0.31
0.7	43.02	9.10	3.36	1.57	0.85	0.52	0.38	0.31	0.30
0.8	57.29	12.41	4.71	2.25	1.22	0.74	0.50	0.38	0.32
0.9	73.59	16.24	6.29	3.06	1.69	1.02	0.67	0.48	0.38

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.50), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_b = 1,1$$

Tabla C5

Coficiente de pérdidas para la parte recta de la unión divergente

SD5-1 Wye, 45 Degree, Diverging (UMC 1986, Report SRF386)											
$Q_s/Q_c \rightarrow$ A_s/A_c	C_s										
	0.01	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.01	0.13	0.52	0.30	0.20	0.16	0.13	0.11	0.09	0.08	0.07	0.06
0.1	45.00	0.13	0.24	0.57	0.74	0.74	0.70	0.65	0.60	0.56	0.52
0.2	260	0.20	0.13	0.15	0.16	0.28	0.57	0.69	0.74	0.75	0.74
0.3	702	0.90	0.14	0.13	0.14	0.15	0.16	0.20	0.42	0.57	0.66
0.4	1248	2.88	0.20	0.14	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.34	0.28
0.5	2000	6.25	0.38	0.17	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.16
0.6	2880	11.88	0.90	0.20	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15
0.7	4165	18.62	1.72	0.33	0.18	0.16	0.14	0.13	0.15	0.14	0.16
0.8	5440	26.88	2.88	0.50	0.20	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14
0.9	6885	36.45	4.46	0.90	0.30	0.19	0.16	0.15	0.14	0.13	0.15
1.0	8500	45.00	6.25	1.44	0.38	0.20	0.17	0.12	0.13	0.14	0.13

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.50), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_s = 0,14$$

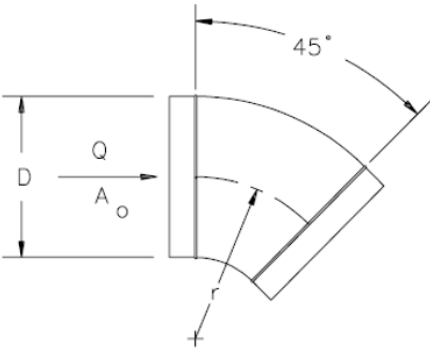
C.3.3. Codo a 45° (Accesorio D)

Para estos codos $r/D = 1.5$, de la siguiente tabla se determina el valor del coeficiente.

Tabla C6

Coefficiente de pérdidas para codo de 45°

CD3-3 Elbow, Die Stamped, 45 Degree, $r/D = 1.5$								
D , mm	75	100	125	150	180	200	230	250
C_o	0.18	0.13	0.10	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07



The diagram shows a 45-degree elbow with a flow area A_o and diameter D . The radius of the elbow is r . The flow direction is indicated by an arrow labeled Q . The angle of the elbow is 45 degrees.

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.29), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,07$$

C.3.4. Ensanchamiento (Accesorio G)

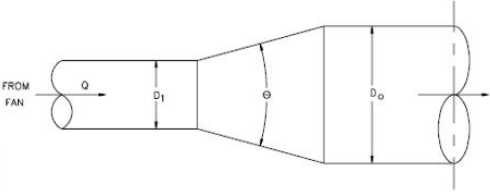
Para este ensanchamiento $\theta \approx 20^\circ$. A continuación, se calcula la relación de áreas para determinar el valor del coeficiente usando la tabla C7.

$$\frac{A_o}{A_1} = \frac{\pi * 0,1775^2}{\pi * 0,125^2} = 2,01$$

Tabla C7

Coficiente de pérdidas para el ensanchamiento (Co)

SD4-1 Transition, Round to Round, Supply Air Systems											
C _o Values											
θ											
A ₂ /A ₁	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43	
0.17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42	
0.25	0.05	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41	
0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26	
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.00	0.44	0.52	0.76	1.28	1.32	1.32	1.28	1.24	1.20	1.20	
4.00	2.56	3.52	4.80	7.36	9.76	10.88	10.24	10.08	9.92	9.92	
10.00	21.00	28.00	38.00	59.00	76.00	80.00	83.00	84.00	83.00	83.00	
16.00	53.76	74.24	97.28	153.60	215.04	225.28	225.28	225.28	225.28	225.28	



Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.50), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,76$$

C.3.5. Unión Convergente (K)

Se calculan las relaciones de caudal y áreas para determinar el coeficiente de pérdida para la derivación (C_b), a partir de la tabla C8, y para la parte recta (C_s), a partir de la tabla C9.

$$\frac{Q_b}{Q_c} = \frac{0,262 \text{ m}^3/\text{s}}{0,777 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,337$$

$$\frac{Q_s}{Q_c} = \frac{0,515 \text{ m}^3/\text{s}}{0,777 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,663$$

$$\frac{A_b}{A_c} = \frac{\pi * 0,125^2}{\pi * 0,1775^2} = 0,495$$

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{\pi * 0,1775^2}{\pi * 0,1775^2} = 1$$

Es necesario interpolar utilizando los valores anteriores.

Tabla C8

Coficiente de pérdidas para la parte de derivación de la unión convergente

EDS-2 Wye, 45 Degree, Converging

		C_b Values								
A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1.0	0.2	-1.17	0.81	1.02	1.05	1.05	1.06	1.09	1.18	1.48
	0.3	-5.09	-0.02	0.64	0.78	0.81	0.81	0.80	0.80	0.86
	0.4	-9.81	-0.72	0.48	0.74	0.79	0.78	0.76	0.74	0.77
	0.5	-15.89	-1.61	0.29	0.71	0.79	0.77	0.72	0.68	0.65
	0.6	-23.34	-2.69	0.07	0.68	0.80	0.77	0.69	0.60	0.49
	0.7	-32.15	-3.96	-0.18	0.66	0.82	0.78	0.67	0.51	0.27
	0.8	-42.35	-5.44	-0.47	0.64	0.85	0.79	0.63	0.41	0.00
	0.9	-53.94	-7.12	-0.80	0.61	0.88	0.81	0.60	0.28	-0.34
	1.0	-66.93	-9.01	-1.17	0.58	0.92	0.82	0.55	0.13	-0.75

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.37), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_b = 0,4454$$

Tabla C9

Coficiente de pérdidas para la parte recta de la unión convergente

		C_s Values								
A_s/A_c	A_b/A_c	Q_s/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1.0	0.2	-288.39	-66.15	-24.77	-10.80	-4.88	-2.14	-0.87	-0.35	-0.22
	0.3	-236.14	-48.79	-16.81	-6.80	-2.85	-1.15	-0.44	-0.20	-0.19
	0.4	-183.77	-36.02	-11.76	-4.47	-1.73	-0.63	-0.22	-0.12	-0.18
	0.5	-143.95	-27.05	-8.39	-2.98	-1.03	-0.31	-0.08	-0.08	-0.17
	0.6	-113.91	-20.52	-6.00	-1.93	-0.55	-0.09	0.01	-0.04	-0.16
	0.7	-90.73	-15.58	-4.23	-1.17	-0.20	0.07	0.08	-0.02	-0.16
	0.8	-72.41	-11.74	-2.86	-0.58	0.06	0.19	0.13	-0.01	-0.16
	0.9	-57.61	-8.66	-1.77	-0.12	0.27	0.28	0.16	0.01	-0.15
	1.0	-45.42	-6.15	-0.88	0.25	0.44	0.36	0.20	0.02	-0.15

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.39), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_s = -0,1651$$

C.3.6. Reducción (Accesorio L)

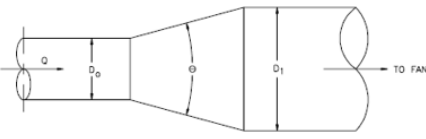
Para esta reducción $\theta \approx 20^\circ$. A continuación, se calcula la relación de áreas para determinar el valor del coeficiente usando la tabla C10.

$$\frac{A_o}{A_1} = \frac{\pi * 0,1775^2}{\pi * 0,125^2} = 2,01$$

Tabla C10

Coeficiente de pérdidas para la reducción (Co)

ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems											
A_o/A_1	C_o Values										
	θ										
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.06	0.21	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	
0.10	0.21	0.28	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83	
0.25	0.16	0.22	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62	
0.50	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30	
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
2.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.24	0.48	0.72	0.96	1.04	
4.00	0.80	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.72	4.32	5.60	6.56	
6.00	1.80	1.44	1.44	1.44	1.98	2.52	6.48	10.10	13.00	15.10	
10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.50	8.00	19.00	29.00	37.00	43.00	



Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.33), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,2$$

C.4. Ecuaciones para determinar la pérdida de presión total

La pérdida de presión total en los accesorios se calcula de la siguiente manera (ACGIH, 1992).

$$\Delta P = C_i * PD_i$$

Donde:

C_i – Coeficiente de pérdida del accesorio

PD_i – Presión dinámica calculada en la sección del accesorio

La presión dinámica se calcula de la siguiente manera (ACGIH, 1992).

$$PD_i = \frac{\rho * v^2}{2 * g}$$

Donde:

ρ – Densidad del aire en kg/m^3

v – Velocidad del aire en la sección del accesorio en m/s

g – Aceleración de la gravedad en m/s^2

Para este caso,

$$\rho = 1,04 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Reemplazando

$$PD_i = \frac{1,04 * v^2}{2 * 9,8} = \left(\frac{v}{4,34} \right)^2$$

La pérdida de presión total en los conductos rectos se calcula de la siguiente manera (ACGIH, 1992).

$$\Delta P = H_f * l * PD_i$$

Donde

l – Longitud del ducto en m

PD_i – Presión dinámica calculada en el ducto

El H_f , se calcula de la siguiente manera para ductos de chapa galvanizada con una rugosidad de 0,015 cm (ACGIH, 1992).

$$H_f = \frac{0,0162 * v^{0,533}}{Q^{0,612}}$$

Donde

v – Velocidad del aire en el ducto en m/s

Q – Caudal de aire en el ducto en m³/s

C.5. Cálculo de la presión estática de los ventiladores

La pérdida de presión estática de los ventiladores se calcula de la siguiente manera (ACGIH, 1992).

$$PEV = PT_{salida} - PT_{entrada} - PD_{salida}$$

Donde

PT_{salida} – Presión total a la salida del ventilador

$PT_{entrada}$ – Presión total a la entrada del ventilador

PD_{salida} – Presión dinámica a la salida del ventilador

Se calcula la velocidad del aire a la salida del ventilador principal y secundario para determinar el valor de la presión dinámica en estos puntos. Para el ventilador principal se tiene que la presión dinámica es:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,777 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0,355/2)^2} = 7,85 \text{ m/s}$$

$$PD_{salida} = \left(\frac{v}{4,34}\right)^2 = \left(\frac{7,85}{4,34}\right)^2 = 3,272$$

$$PEV = PT_{1,17} - PT_{1,9} - PD_{1,17} = 9146,59 - 9133,26 - 3,271 = 10,1 \text{ mmcda}$$

$$PEV = 99 \text{ Pa}$$

Para el ventilador secundario se tiene que la presión dinámica es:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,262 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * (0,25/2)^2} = 5,34 \text{ m/s}$$

$$PD_{salida} = \left(\frac{v}{4,34}\right)^2 = \left(\frac{5,43}{4,34}\right)^2 = 1,51$$

$$PEV = PT_{2,2} - PT_{2,1} = 9148,67 - 9137,77 - 1,51 = 9,4 \text{ mmcda}$$

$$PEV = 92 \text{ Pa}$$

Apéndice D. Cálculos y diseño del sistema de extracción localizada

D.1. Dimensionamiento general de la mesa de soldadura

Para el dimensionamiento general se siguieron las siguientes recomendaciones.

- El caudal de aire estimado para la mesa de soldadura se calcula como $Q = 0,54 \text{ m}^3/\text{s}$ por cada metro de longitud de la mesa.
- Las rendijas tienen que estar dimensionadas con una altura tal para que la velocidad allí sea de 5 m/s.
- La anchura máxima de la mesa es de 0,6 m.
- La velocidad máxima en el pleno es de $\frac{1}{2}$ de la velocidad en las rendijas, es decir, 2,5 m/s.
- La pendiente de la transición entre el pleno y el ducto debe tener una pendiente mínima de 45° .

Se plantea una mesa de soldadura con una longitud de 1 m y 0,6 m de anchura. Siguiendo las consideraciones anteriores se procede a realizar el cálculo del caudal, la altura de las rendijas y la anchura del pleno:

- Caudal:

$$Q = 0,54 \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{m}} * 1 \text{ m} = 0,54 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1944 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Altura de las rendijas:

$$A_{rend} = Long \text{ rendija} * Alt \text{ rendija} * \# \text{ de rendijas}$$

$$Q = 0,54 \text{ m}^3/\text{s} ; V = 5 \text{ m/s}$$

$$A_{rend} = 1 \text{ m} * S * 2 ; A_{rend} = \frac{Q}{V}$$

$$1 \text{ m} * S * 2 = \frac{0,54 \text{ m}^3/\text{s}}{5 \text{ m/s}}$$

$$S = \frac{0,54}{5 * 1 * 2} = \frac{0,54 \text{ m}^3/\text{s}}{10 \text{ m}^2/\text{s}} = 0,054 \text{ m}$$

$$S = 5,4 \text{ cm}$$

- Anchura del pleno:

$$V_{pleno} = 2,5 \text{ m/s}$$

$$A_{pleno} = W_{pleno} * 1 \text{ m} ; A_{pleno} = \frac{Q}{V}$$

$$W_{pleno} = \text{Anchura del pleno}$$

$$W_{pleno} * 1 \text{ m} = \frac{0,54 \text{ m}^3/\text{s}}{2,5 \text{ m/s}}$$

$$W_{pleno} = 0,216 \text{ m} = 21,6 \text{ cm}$$

Se aproxima la profundidad del pleno a:

$$W_{pleno} = 25 \text{ cm}$$

D.2. Dimensionamiento general del banco de pintura

Para el dimensionamiento general se siguieron las siguientes recomendaciones:

- El caudal de aire del banco de pintura debe ser de $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ por cada 1 m^2 de área que tenga la entrada de la cabina.
- El ancho del banco (W) debe ser 30 cm más grande que el tamaño del objeto a pintar
- La altura del banco (H) debe ser 30 cm más grande que el tamaño del objeto a pintar
- La profundidad del banco (C) hasta la zona donde se encuentran los filtro o deflectores debe ser de 0,75 la dimensión mayor entre W ó H.
- La pendiente de la transición antes del ducto debe tener una pendiente mínima de 45° .

Se plantea una cabina de pintura pequeña para el pintado de objetos cuya área transversal sea máximo de 50 cm (X) x 50 cm (Y).

Siguiendo las consideraciones anteriores se procede a realizar el cálculo del caudal del aire y de la anchura, altura y profundidad del banco.

- Anchura, altura y profundidad del banco:

$$W = X + 30 \text{ cm} = 50 \text{ cm} + 30 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$$

$$H = Y + 30 \text{ cm} = 50 \text{ cm} + 30 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$$

$$C = 0,75 * 80 \text{ cm} = 60 \text{ cm}$$

- Caudal:

$$Q = 0,75 \frac{m^3}{s} * A_{BP}$$

$$A_{BP} = W * H = 0,8 * 0,8 = 0,64 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,75 \frac{m^3/s}{m^3} * 0,64 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,48 \text{ m}^3/s$$

D.3. Cálculo de la pérdida de presión en la mesa de soldadura

El cálculo de pérdida de carga para una mesa de soldadura se calcula como muestra la figura D1.

$$\Delta P_{MesaSold} = 1,78 PD_{rendija} + 0,25 PD_{conducto}$$

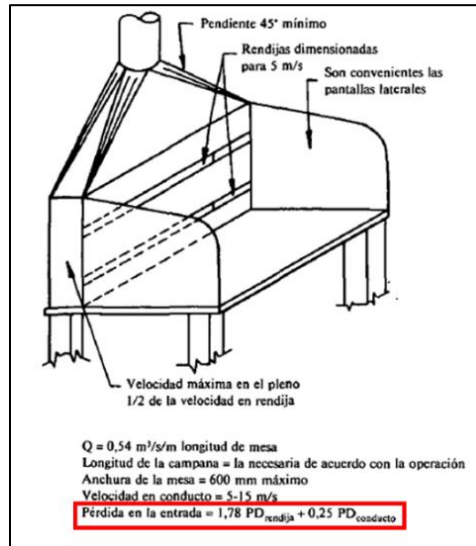
$$PD_{rendija} = \left(\frac{5 \text{ m/s}}{4,34} \right)^2 = 1,33 \text{ mmcda}$$

$$PD_{conducto} = PD_{1.1} = \left(\frac{17,188 \text{ m/s}}{4,34} \right)^2 = 15,68 \text{ mmcda}$$

$$\Delta P_{MesaSold} = 1,78 * (1,33) + 0,25 * (15,68) = 6,2874 \text{ mmcda}$$

Figura D1

Pérdida de presión para la mesa de soldadura



Nota. Tomado de Ventilación industrial: manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. 10-57), por ACGIH, 1992, Generalitat Valenciana.

D.4. Cálculo de la pérdida de presión en el banco de pintura

El cálculo de pérdida de carga para un banco de pintura se realiza como muestra la figura D2.

$$\Delta P_{BancoPint} = Resistencia\ del\ filtro\ sucio + 0,25\ PD_{conducto}$$

El prefiltro genera una caída de presión cuando está totalmente saturado de 128 Pa y el filtro genera una caída de presión cuando está totalmente saturado de 200 Pa.

$$\Delta P_{Prefiltro} = 128\ pa \approx 13\ mmcda$$

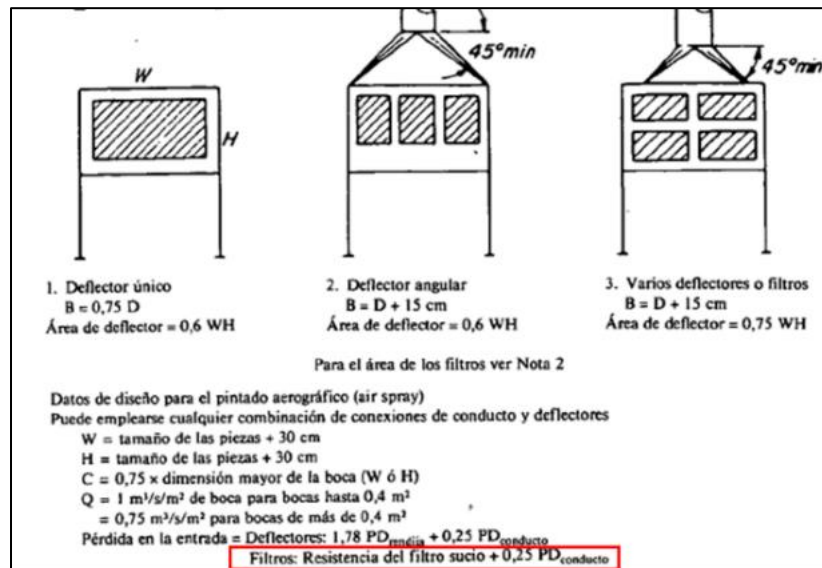
$$\Delta P_{Filtro} = 200\ pa \approx 20,4\ mmcda$$

$$PD_{conducto} = PD_{2.1} = \left(\frac{15,278}{4,34} \right)^2 = 12,392\ mmcda$$

$$\Delta P_{BancoPint} = 13 + 20,4 + 0,25 (12,392) = 36,498\ mmcda$$

Figura D2

Pérdida de presión para el banco de pintura

**D.5. Cálculo de pérdida de presión en el ciclón**

Siendo:

$$a = 0,444 ; b = 0,206 ; D_c = 0,7 ; S = 0,55$$

$$H = 2,48 ; h = 0,99 ; B = 0,315$$

$$\Delta H = 20 \left(\frac{0,444 * 0,206}{0,7^2} \right) \left[\frac{0,55/0,7}{(2,48/0,7)(0,99/0,7)(0,315/0,7)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$\Delta H = 8,045$$

$$V_i = \frac{1,666 \text{ m}^3/\text{s}}{0,444 \text{ m} * 0,206 \text{ m}} = 18,21 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1,04 \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta P = \frac{(1,02)(18,21^2)}{2} (8,045) = 1361,34 \text{ Pa}$$

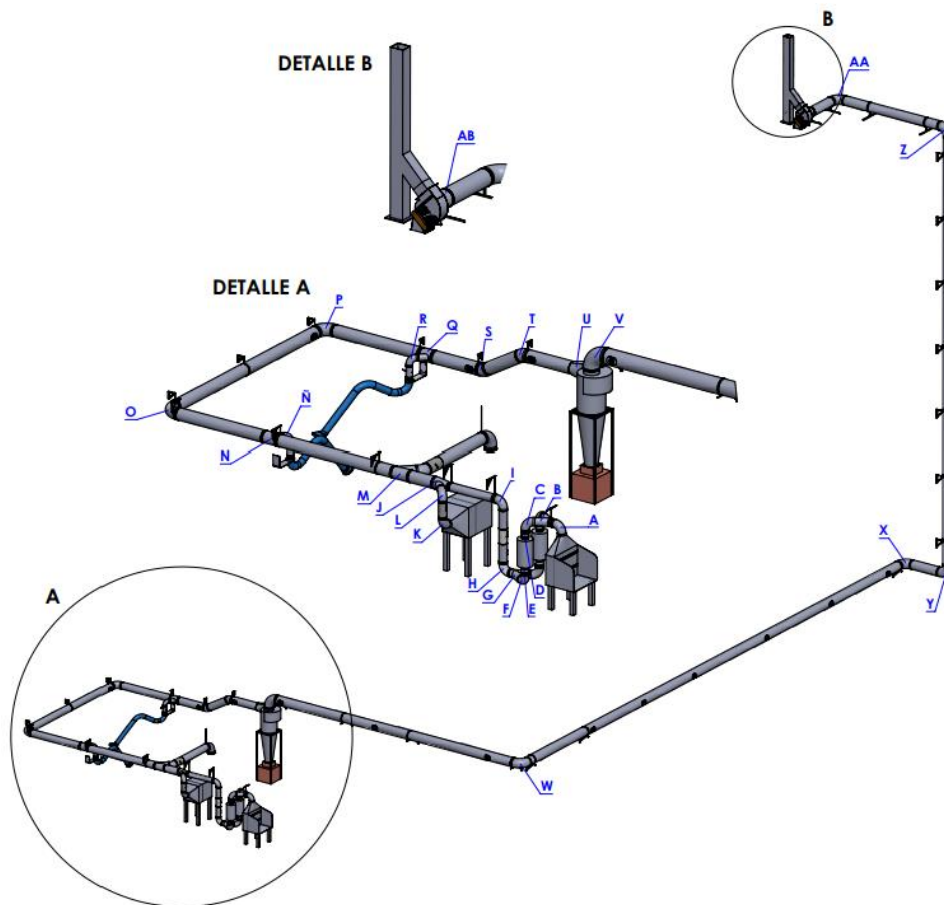
$$\Delta P = 138,91 \text{ mmcda}$$

D.6. Coeficientes de pérdida de los accesorios del sistema de extracción

En esta sección se determinará los coeficientes de pérdida de todos los accesorios del sistema de extracción. En la figura D3 se muestra la ubicación y la letra asignada a cada accesorio en el sistema de extracción.

Figura D3

Accesorios del sistema de extracción



D.6.1. Codos a 90°.

Todos los codos del sistema tienen una relación $r/D = 1$, existen diámetros de 160 mm, 200 mm, 300 mm, 315 mm y 400 mm. De la tabla D1, para los diámetros anteriores se puede determinar que el coeficiente de pérdida es 0,24 para cualquier valor.

Tabla D1

Coefficientes de pérdida para codo $r/D = 1$

CD3-2 Elbow, Die Stamped, 90 Degree, $r/D = 1.0$ (UMC 1985, Report SRF785)

D, (mm)	(200)	(230)	(250)	(300)	(315)	(350)	(400)
C_o	0.24	0.24	0.24	0,24	0,24	0,24	0,24

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.29), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,24$$

D.6.2. Ye simétrica y divergente (Accesorio B)

Utilizando la tabla D2, la cual permite tanto tubería rectangular como circular, se calcula el valor de la relación de velocidad $\frac{V_{b1}}{V_c}$ para determinar el coeficiente. Además, $\theta = 30^\circ$.

$$V_{b1} = \frac{0,27}{\pi * 0,1^2} = 8,59 \text{ m/s} \quad V_c = \frac{0,54}{\pi * 0,1^2} = 17,18 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_{b1}}{V_c} = \frac{8,59 \text{ m/s}}{17,19 \text{ m/s}} = 0,5$$

Tabla D2

Coefficiente de pérdidas para Ye simétrica y divergente (C0)

X. WYE, RECTANGULAR AND ROUND							
Coefficient C (See Note 8)							
θ	V_{1b}/V_c or V_{2b}/V_c						
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8
15°	0.81	0.65	0.51	0.38	0.28	0.20	0.11
30°	0.84	0.69	0.56	0.44	0.34	0.26	0.19
45°	0.87	0.74	0.63	0.54	0.45	0.38	0.29
60°	0.90	0.82	0.79	0.66	0.59	0.53	0.43
90°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

θ	V_{1b}/V_c or V_{2b}/V_c					
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
15°	0.06	0.14	0.30	0.51	0.76	1.0

Nota. Tomado de HVAC Systems Duct Design (p. A.37), por SMACNA, s. f.

$$C_o = 0,34$$

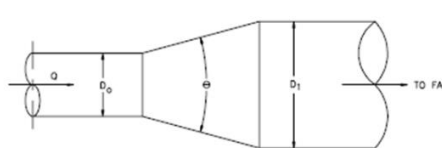
D.6.3. Reducción (Accesorio D)

Para esta reducción $\theta \approx 30^\circ$. A continuación, se calcula la relación de áreas para determinar el valor del coeficiente usando la tabla D3.

$$\frac{A_o}{A_1} = \frac{\pi * 0,1^2}{\pi * 0,08^2} = 1,56$$

Tabla D3

Coeficiente de pérdidas para la reducción (C_o)



ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	C_o Values										
	θ										
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180	
0.06	0.21	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.10	0.21	0.28	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83	0.83
0.25	0.16	0.22	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62	0.62
0.50	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30	0.30
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.24	0.48	0.72	0.96	1.04	1.04
4.00	0.80	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.72	4.32	5.60	6.56	6.56
6.00	1.80	1.44	1.44	1.44	1.98	2.52	6.48	10.10	13.00	15.10	15.10
10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.50	8.00	19.00	29.00	37.00	43.00	43.00

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.33), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,1125$$

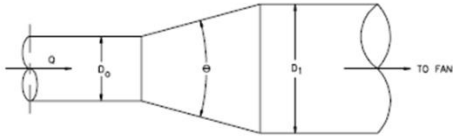
D.6.4. Ensanchamiento (Accesorio E)

Para este ensanchamiento $\theta \approx 30^\circ$. A continuación, se calcula la relación de áreas para determinar el valor del coeficiente usando la tabla D4.

$$\frac{A_o}{A_1} = \frac{\pi * 0,08^2}{\pi * 0,1^2} = 0,64$$

Tabla D4

Coeficiente de pérdidas para el ensanchamiento (C0)



ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems

A_o/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.06	0.21	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.10	0.21	0.28	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83
0.25	0.16	0.22	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62
0.50	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.24	0.48	0.72	0.96	1.04
4.00	0.80	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.72	4.32	5.60	6.56
6.00	1.80	1.44	1.44	1.44	1.98	2.52	6.48	10.10	13.00	15.10
10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.50	8.00	19.00	29.00	37.00	43.00

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.33), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,2304$$

D.6.5. Ye simétrica y convergente (Accesorio G)

Utilizando la tabla D5, es necesario determinar las relaciones de caudal y áreas para determinar el coeficiente. Además, $\theta \approx 60^\circ$.

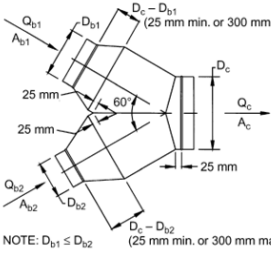
$$\frac{Q_{b1}}{Q_c} = \frac{0,27 \text{ m}^3/\text{s}}{0,54 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,5$$

$$\frac{A_{b1}}{A_c} = \frac{\pi * 0,1^2}{\pi * 0,1^2} = 1$$

$$\frac{A_{b2}}{A_c} = \frac{\pi * 0,1^2}{\pi * 0,1^2} = 1$$

Tabla D5

Coficiente de pérdidas para la Ye simétrica y convergente (Cb1)



NOTE: $D_{b1} \leq D_{b2}$
(25 mm min. or 300 mm max.)

		<i>C_{b1} Values (Concluded)</i>									
		<i>Q_{b1}/Q_c</i>									
<i>A_{b1}/A_c</i>	<i>A_{b2}/A_c</i>	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
0.5	0.5	-72.08	-18.46	-8.48	-4.65	-2.71	-1.61	-0.95	-0.55	-0.31	
	0.6	-55.91	-15.54	-7.35	-4.20	-2.54	-1.53	-0.89	-0.51	-0.30	
	0.7	-80.68	-20.52	-9.27	-4.90	-2.75	-1.56	-0.80	-0.34	-0.06	
	0.8	-105.46	-25.49	-11.19	-5.59	-2.96	-1.60	-0.72	-0.18	0.19	
0.9	0.2	-479.24	-89.56	-28.39	-10.59	-4.04	-1.41	-0.36	0.01	0.09	
	0.3	-305.31	-61.27	-21.50	-9.28	-4.39	-2.16	-1.07	-0.54	-0.29	
	0.4	-131.17	-32.88	-14.60	-7.98	-4.74	-2.91	-1.79	-1.10	-0.68	
	0.5	-67.90	-22.76	-12.17	-7.53	-4.89	-3.19	-2.05	-1.30	-0.81	
	0.6	-68.95	-23.08	-12.11	-7.45	-4.84	-3.15	-2.01	-1.26	-0.79	
1.0	0.7	-90.48	-27.35	-13.58	-7.95	-4.97	-3.16	-1.96	-1.17	-0.65	
	0.8	-112.02	-31.63	-15.05	-8.44	-5.11	-3.18	-1.90	-1.07	-0.51	
	0.9	-130.32	-35.19	-16.07	-8.70	-5.18	-3.19	-1.88	-1.08	-0.53	
	0.2	-585.16	-109.39	-34.85	-13.11	-5.09	-1.86	-0.59	-0.13	-0.01	
	0.3	-363.31	-74.20	-26.68	-11.91	-5.90	-3.08	-1.66	-0.94	-0.56	
1.0	0.4	-141.46	-39.00	-18.50	-10.71	-6.71	-4.29	-2.74	-1.74	-1.12	
	0.5	-63.71	-27.06	-15.85	-10.41	-7.07	-4.77	-3.16	-2.05	-1.31	
	0.6	-81.99	-30.62	-16.87	-10.70	-7.13	-4.77	-3.13	-2.02	-1.28	
	0.7	-100.28	-34.19	-17.89	-11.00	-7.19	-4.76	-3.11	-1.99	-1.24	
	0.8	-118.58	-37.76	-18.91	-11.29	-7.26	-4.76	-3.09	-1.96	-1.20	
1.0	0.9	-136.88	-41.32	-19.93	-11.55	-7.32	-4.77	-3.07	-1.98	-1.23	
	1.0	-155.18	-44.89	-20.95	-11.80	-7.39	-4.78	-3.05	-1.99	-1.25	

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.46), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_{b1} = -7,39$$

D.6.6. Unión Convergente (Accesorio J)

Utilizando la tabla D6 y D7, es necesario determinar las relaciones de caudal y áreas para determinar el coeficiente de perdida para la parte recta (C_s) y para la derivación (C_b).

$$\frac{Q_s}{Q_c} = \frac{0,54 \text{ m}^3/\text{s}}{1,02 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,53$$

$$\frac{Q_b}{Q_c} = \frac{0,48 \text{ m}^3/\text{s}}{1,02 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,47$$

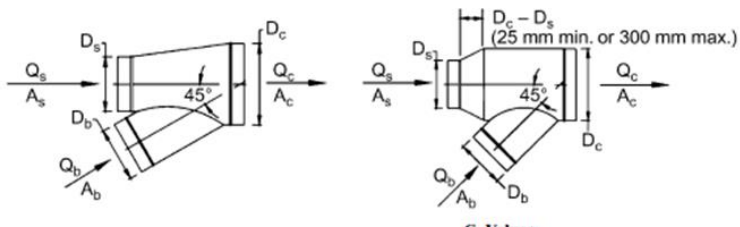
$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{\pi * 0,1^2}{\pi * 0,15^2} = 0,444$$

$$\frac{A_b}{A_c} = \frac{\pi * 0,1^2}{\pi * 0,15^2} = 0,444$$

Es necesario interpolar utilizando los valores anteriores.

Tabla D6

Coeficiente de pérdidas para la parte recta de la unión convergente



C_f Values

A_s/A_c	A_b/A_c	Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.4	0.2	-42.17	-9.48	-3.34	-1.23	-0.31	0.12	0.33	0.42	0.44
	0.3	-33.68	-6.60	-1.98	-0.53	0.05	0.31	0.41	0.45	0.45
	0.4	-25.24	-4.51	-1.13	-0.13	0.25	0.40	0.46	0.47	0.45
	0.5	-18.83	-3.04	-0.57	0.13	0.37	0.46	0.48	0.48	0.46
	0.6	-13.99	-1.97	-0.17	0.31	0.46	0.50	0.50	0.48	0.46
	0.7	-10.27	-1.17	0.12	0.44	0.52	0.53	0.51	0.49	0.46
	0.8	-7.32	-0.54	0.35	0.54	0.57	0.55	0.52	0.49	0.46
	0.9	-4.94	-0.04	0.53	0.62	0.61	0.57	0.53	0.49	0.46
	1.0	-2.98	0.37	0.68	0.68	0.64	0.58	0.54	0.50	0.46
	0.5	0.2	-66.95	-15.18	-5.49	-2.21	-0.81	-0.16	0.14	0.26
0.3		-53.80	-10.77	-3.45	-1.17	-0.27	0.11	0.26	0.30	0.29
0.4		-40.66	-7.54	-2.16	-0.57	0.02	0.25	0.32	0.33	0.30
0.5		-30.68	-5.27	-1.30	-0.18	0.21	0.33	0.36	0.34	0.30
0.6		-23.15	-3.62	-0.69	0.09	0.53	0.39	0.38	0.35	0.30
0.7		-17.34	-2.38	-0.24	0.29	0.42	0.43	0.40	0.35	0.30
0.8		-12.75	-1.41	0.11	0.44	0.49	0.47	0.41	0.36	0.30
0.9		-9.04	-0.64	0.39	0.56	0.55	0.49	0.43	0.36	0.30
1.0		-5.99	0.00	0.61	0.65	0.59	0.51	0.43	0.36	0.30

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.38), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_s = 0,27$$

Tabla D7*Coefficiente de pérdidas para la derivación de la unión convergente*

A_s/A_c	A_b/A_c	C_b Values								
		Q_b/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.4	0.2	-8.77	-0.64	0.54	0.85	0.95	0.99	1.03	1.09	1.31
	0.3	-21.41	-2.85	-0.10	0.63	0.87	0.96	1.00	1.06	1.26
	0.4	-39.30	-6.02	-1.05	0.28	0.72	0.87	0.91	0.92	1.00
	0.5	-62.10	-9.96	-2.16	-0.06	0.63	0.85	0.90	0.88	0.86
	0.6	-89.77	-14.65	-3.42	-0.38	0.61	0.93	0.99	0.95	0.90
	0.7	-122.46	-20.19	-4.88	-0.74	0.61	1.04	1.12	1.06	0.95
	0.8	-160.18	-26.56	-6.55	-1.15	0.62	1.18	1.29	1.19	1.01
	0.9	-202.93	-33.77	-8.44	-1.60	0.64	1.36	1.48	1.35	1.07
	1.0	-250.70	-41.83	-10.54	-2.09	0.68	1.56	1.71	1.53	1.15
	0.5	0.2	-5.45	0.04	0.79	0.97	1.02	1.04	1.07	1.14
0.3		-14.10	-1.39	0.40	0.84	0.97	1.00	1.02	1.07	1.28
0.4		-26.48	-3.53	-0.24	0.59	0.83	0.89	0.88	0.85	0.86
0.5		-41.84	-5.96	-0.80	0.51	0.88	0.97	0.95	0.90	0.87
0.6		-60.61	-8.90	-1.46	0.43	0.97	1.09	1.06	0.97	0.90
0.7		-82.80	-12.36	-2.22	0.35	1.09	1.25	1.20	1.08	0.93
0.8		-108.39	-16.35	-3.09	0.27	1.24	1.45	1.38	1.20	0.96
0.9		-137.41	-20.86	-4.07	0.19	1.42	1.68	1.59	1.35	0.99
1.0		-169.84	-25.90	-5.15	0.11	1.63	1.95	1.83	1.52	1.02

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.37), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_b = 0,6156$$

D.6.7. Unión Convergente (Accesorio M)

Utilizando la tabla D8 es necesario determinar las relaciones de caudal y áreas para determinar el coeficiente de pérdida para la parte recta (C_s).

$$\frac{Q_s}{Q_c} = \frac{1,02 \text{ m}^3/\text{s}}{1,02 \text{ m}^3/\text{s}} = 1$$

$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{\pi * 0,15^2}{\pi * 0,15^2} = 1$$

$$\frac{A_b}{A_c} = \frac{\pi * 0,15^2}{\pi * 0,15^2} = 1$$

Tabla D8

Coficiente de pérdidas para la parte recta de la unión convergente

ED5-2 Wye, 45 Degree, Converging (Sepsy 1973)

		C_s										
$Q_s/Q_c \rightarrow$		0.01	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
A_s/A_c	A_b/A_c											
1.0	0.011	99223	112416.99	16999.68	4225.30	1189.48	320.23	67.01	3.70	-4.54	-1.71	-0.30
	0.1	27166	-25.23	-52.69	-31.58	-17.61	-9.37	-4.64	-2.06	-0.79	-0.31	-0.30
	0.2	-28551	-288.39	-66.15	-24.77	-10.80	-4.88	-2.14	-0.87	-0.35	-0.22	-0.30
	0.3	-26631	-236.14	-48.79	-16.81	-6.80	-2.85	-1.15	-0.44	-0.20	-0.19	-0.30
	0.4	-21828	-183.77	-36.02	-11.76	-4.47	-1.73	-0.63	-0.22	-0.12	-0.18	-0.30
	0.5	-17717	-143.95	-27.05	-8.39	-2.98	-1.03	-0.31	-0.08	-0.08	-0.17	-0.30
	0.6	-14464	-113.91	-20.52	-6.00	-1.93	-0.55	-0.09	0.01	-0.04	-0.16	-0.30
	0.7	-11890	-90.73	-15.58	-4.23	-1.17	-0.20	0.07	0.08	-0.02	-0.16	-0.30
	0.8	-9822	-72.41	-11.74	-2.86	-0.58	0.06	0.19	0.13	-0.01	-0.16	-0.30
	0.9	-8132	-57.61	-8.66	-1.77	-0.12	0.27	0.28	0.16	0.01	-0.15	-0.30
	1.0	-6729	-45.42	-6.15	-0.88	0.25	0.44	0.36	0.20	0.02	-0.15	-0.30

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.38), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_s = -0,3$$

D.6.8. Unión Convergente (Accesorio N)

Utilizando la tabla D9 y D10 es necesario determinar las relaciones de caudal y áreas para determinar el coeficiente de pérdida para la parte recta (C_s) y para la derivación (C_b).

$$\frac{Q_s}{Q_c} = \frac{1,02 \text{ m}^3/\text{s}}{1,3433 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,76$$

$$\frac{Q_b}{Q_c} = \frac{0,3233 \text{ m}^3/\text{s}}{1,3433 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,24$$

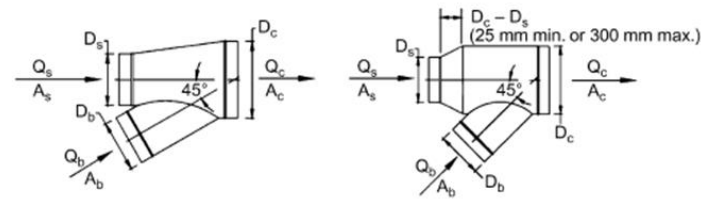
$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{\pi * 0,15^2}{\pi * 0,15^2} = 1$$

$$\frac{A_b}{A_c} = \frac{\pi * 0,08^2}{\pi * 0,15^2} = 0,284$$

Es necesario interpolar utilizando los valores anteriores.

Tabla D9

Coficiente de pérdidas para la parte recta de la unión convergente



		C _s Values								
A _s /A _c	A _b /A _c	Q _s /Q _c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1.0	0.2	-288.39	-66.15	-24.77	-10.80	-4.88	-2.14	-0.87	-0.35	-0.22
	0.3	-236.14	-48.79	-16.81	-6.80	-2.85	-1.15	-0.44	-0.20	-0.19
	0.4	-183.77	-36.02	-11.76	-4.47	-1.73	-0.63	-0.22	-0.12	-0.18
	0.5	-143.95	-27.05	-8.39	-2.98	-1.03	-0.31	-0.08	-0.08	-0.17
	0.6	-113.91	-20.52	-6.00	-1.93	-0.55	-0.09	0.01	-0.04	-0.16
	0.7	-90.73	-15.58	-4.23	-1.17	-0.20	0.07	0.08	-0.02	-0.16
	0.8	-72.41	-11.74	-2.86	-0.58	0.06	0.19	0.13	-0.01	-0.16
	0.9	-57.61	-8.66	-1.77	-0.12	0.27	0.28	0.16	0.01	-0.15
	1.0	-45.42	-6.15	-0.88	0.25	0.44	0.36	0.20	0.02	-0.15

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.37), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_s = -0,33$$

Tabla D10

Coficiente de pérdidas para la derivación de la unión convergente

		C _b Values (Concluded)								
A _s /A _c	A _b /A _c	Q _s /Q _c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
1.0	0.2	-1.17	0.81	1.02	1.05	1.05	1.06	1.09	1.18	1.48
	0.3	-5.09	-0.02	0.64	0.78	0.81	0.81	0.80	0.80	0.86
	0.4	-9.81	-0.72	0.48	0.74	0.79	0.78	0.76	0.74	0.77
	0.5	-15.89	-1.61	0.29	0.71	0.79	0.77	0.72	0.68	0.65
	0.6	-23.34	-2.69	0.07	0.68	0.80	0.77	0.69	0.60	0.49
	0.7	-32.15	-3.96	-0.18	0.66	0.82	0.78	0.67	0.51	0.27
	0.8	-42.35	-5.44	-0.47	0.64	0.85	0.79	0.63	0.41	0.00
	0.9	-53.94	-7.12	-0.80	0.61	0.88	0.81	0.60	0.28	-0.34
	1.0	-66.93	-9.01	-1.17	0.58	0.92	0.82	0.55	0.13	-0.75

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.37), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_b = 0,33$$

D.6.9. Unión Convergente (Accesorio Q)

Utilizando la tabla D11 y la tabla D12 es necesario determinar las relaciones de caudal y áreas para determinar el coeficiente de pérdida para la parte recta (C_s) y para la derivación (C_b).

$$\frac{Q_s}{Q_c} = \frac{1,3433 \text{ m}^3/\text{s}}{1,666 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,806$$

$$\frac{Q_b}{Q_c} = \frac{0,3233 \text{ m}^3/\text{s}}{1,666 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,194$$

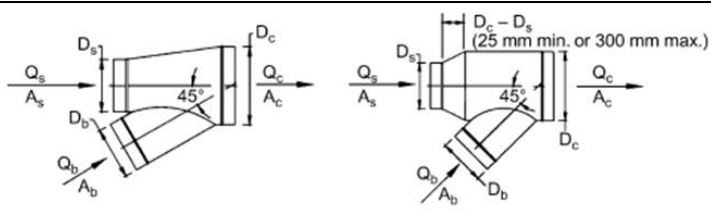
$$\frac{A_s}{A_c} = \frac{\pi * 0,15^2}{\pi * 0,1575^2} = 0,907$$

$$\frac{A_b}{A_c} = \frac{\pi * 0,08^2}{\pi * 0,1575^2} = 0,258$$

Es necesario interpolar utilizando los valores anteriores.

Tabla D11

Coeficiente de pérdidas para la parte recta de la unión convergente



C_s Values

A_s/A_c	A_b/A_c	Q_s/Q_c								
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.9	0.2	-230.27	-52.75	-19.69	-8.53	-3.81	-1.63	-0.63	-0.22	-0.13
	0.3	-187.95	-38.69	-13.24	-5.29	-2.16	-0.83	-0.28	-0.10	-0.10
	0.4	-145.53	-28.34	-9.15	-3.41	-1.26	-0.41	-0.10	-0.04	-0.09
	0.5	-113.27	-21.07	-6.42	-2.19	-0.69	-0.15	0.01	0.00	-0.09
	0.6	-88.94	-15.78	-4.48	-1.35	-0.30	0.03	0.09	0.03	-0.08
	0.7	-70.16	-11.78	-3.04	-0.73	-0.02	0.16	0.14	0.04	-0.08
	0.8	-55.33	-8.67	-1.93	-0.25	0.20	0.26	0.18	0.06	-0.07
	0.9	-43.33	-6.18	-1.05	0.12	0.37	0.33	0.21	0.07	-0.07
	1.0	-33.46	-4.14	-0.34	0.42	0.50	0.39	0.24	0.08	-0.07

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.38), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_s = -0.14$$

Tabla D12

Coefficiente de pérdidas para la derivación de la unión convergente

A_s/A_c	A_b/A_c	C_b Values								
		Q_b/Q_c	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.9	0.2	-1.87	0.68	0.98	1.03	1.05	1.06	1.09	1.18	1.49
	0.3	-6.70	-0.33	0.54	0.74	0.79	0.80	0.80	0.81	0.87
	0.4	-12.69	-1.29	0.29	0.66	0.76	0.77	0.75	0.74	0.78
	0.5	-20.37	-2.48	0.00	0.59	0.74	0.75	0.72	0.69	0.67
	0.6	-29.77	-3.94	-0.34	0.52	0.73	0.75	0.70	0.63	0.54
	0.7	-40.89	-5.66	-0.73	0.45	0.74	0.76	0.68	0.56	0.36
	0.8	-53.74	-7.64	-1.18	0.37	0.76	0.78	0.67	0.48	0.13
	0.9	-68.32	-9.89	-1.69	0.28	0.77	0.80	0.65	0.38	-0.15
	1.0	-84.66	-12.42	-2.27	0.18	0.80	0.83	0.62	0.26	-0.49

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.37), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_b = 0,062$$

D.6.10. Transición ducto – ciclón (Accesorio U)

Esta transición pasa de una sección circular de diámetro 315 mm a una sección rectangular de lados 444 mm x 206 mm. Para esta transición $\theta_1 = 18,33^\circ$ y $\theta_2 = 15,52^\circ$, en este caso se usa el ángulo mayor. Se calcula la relación de áreas para determinar el coeficiente.

$$\frac{A_o}{A_1} = \frac{0,444 * 0,206}{\pi * 0,1575^2} = 1,173$$

Es necesario interpolar utilizando los valores anteriores.

Tabla D13

Coficiente de pérdida para la transición ducto - ciclón

$A_o/A_1 < \text{or} > 1$
 θ is larger of θ_1 and θ_2

A_o/A_1		C_o Values										
		θ										
10	15	20	30	45	60	90	120	150	180			
0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.07	0.08	0.19	0.29	0.37	0.43		
0.17	0.05	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.18	0.28	0.36	0.42		
0.25	0.06	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.17	0.27	0.35	0.41		
0.50	0.06	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.12	0.18	0.24	0.26		
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
2.00	0.60	0.84	1.00	1.20	1.32	1.32	1.32	1.28	1.24	1.20		
4.00	4.00	5.76	7.20	8.32	9.28	9.92	10.24	10.24	10.24	10.24		
10.00	30.00	50.00	53.00	64.00	75.00	84.00	89.00	91.00	91.00	88.00		
16.00	76.80	138.24	135.68	166.40	197.12	225.28	243.20	250.88	250.88	238.08		

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.59), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,164$$

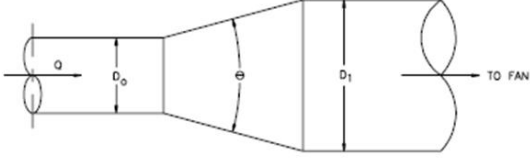
D.6.11. Reducción de entrada al ventilador (Accesorio AB)

Para esta reducción $\theta \approx 10^\circ$. A continuación, se calcula la relación de áreas para determinar el valor del coeficiente usando la tabla D14.

$$\frac{A_o}{A_1} = \frac{\pi * 0,2^2}{\pi * 0,162^2} = 1,52$$

Tabla D14

Coefficiente de pérdida para la transición ducto - ciclón



ED4-1 Transition, Round to Round, Exhaust/Return Systems

A_0/A_1	C_o Values									
	θ									
	10	15	20	30	45	60	90	120	150	180
0.06	0.21	0.29	0.38	0.60	0.84	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
0.10	0.21	0.28	0.38	0.59	0.76	0.80	0.83	0.84	0.83	0.83
0.25	0.16	0.22	0.30	0.46	0.61	0.68	0.64	0.63	0.62	0.62
0.50	0.11	0.13	0.19	0.32	0.33	0.33	0.32	0.31	0.30	0.30
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.24	0.48	0.72	0.96	1.04
4.00	0.80	0.64	0.64	0.64	0.88	1.12	2.72	4.32	5.60	6.56
6.00	1.80	1.44	1.44	1.44	1.98	2.52	6.48	10.10	13.00	15.10
10.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.50	8.00	19.00	29.00	37.00	43.00

Nota. Tomado de 2001 ASHRAE Handbook: Fundamentals (p. 34.37), por American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2001, ASHRAE

$$C_o = 0,104$$

D.7. Cálculo de la presión estática del ventilador

Con los datos de pérdida de presión total del sistema se procede a calcular la presión estática del ventilador de la siguiente manera (ACGIH, 1992).

$$PEV = PT_{salida} - PT_{entrada} - PD_{salida}$$

Donde

PT_{salida} – Presión total a la salida del ventilador

$PT_{entrada}$ – Presión total a la entrada del ventilador

PD_{salida} = Presión dinámica a la salida del ventilador

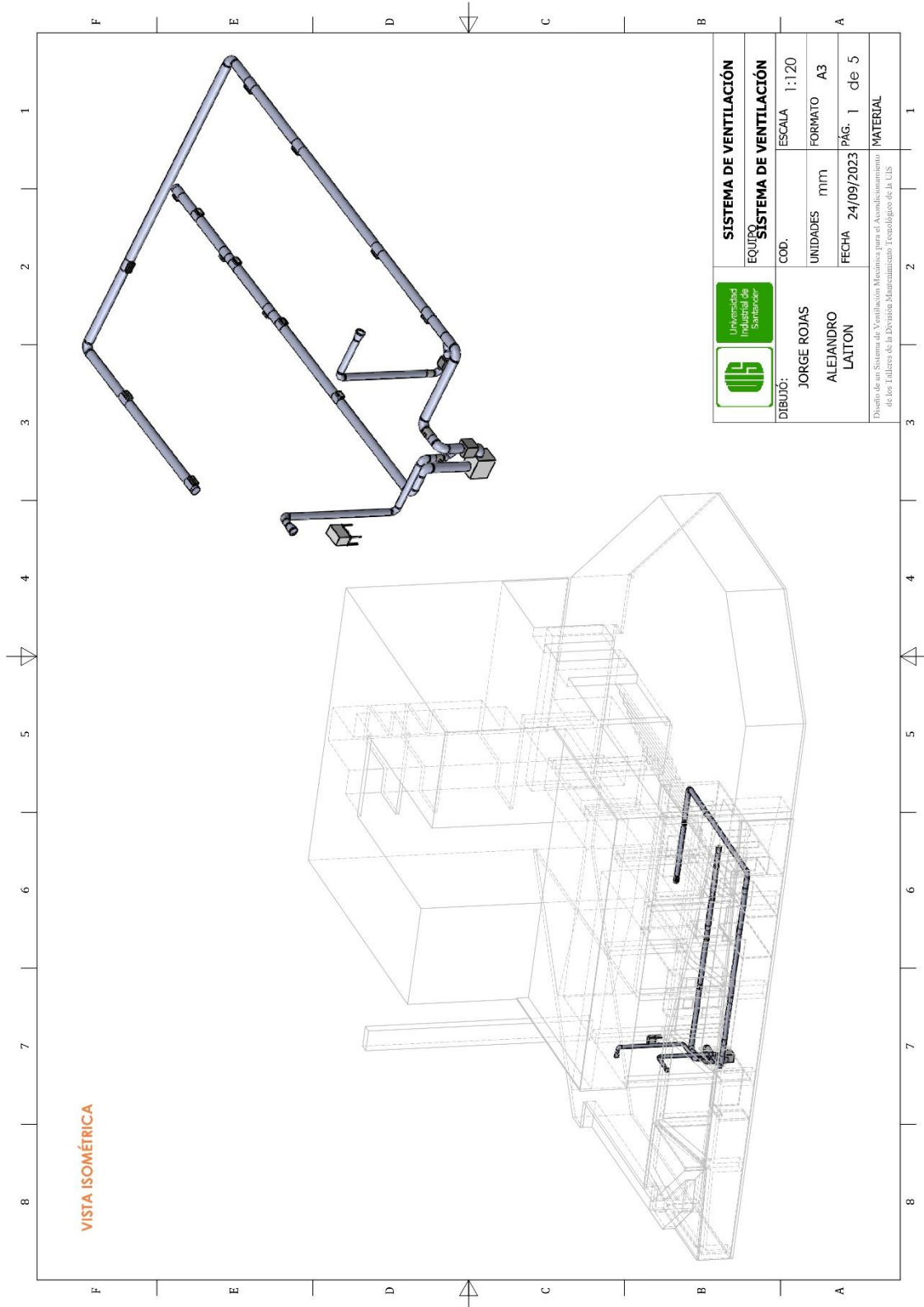
Se calcula la velocidad del aire a la salida del ventilador para determinar el valor de la presión dinámica en este punto.

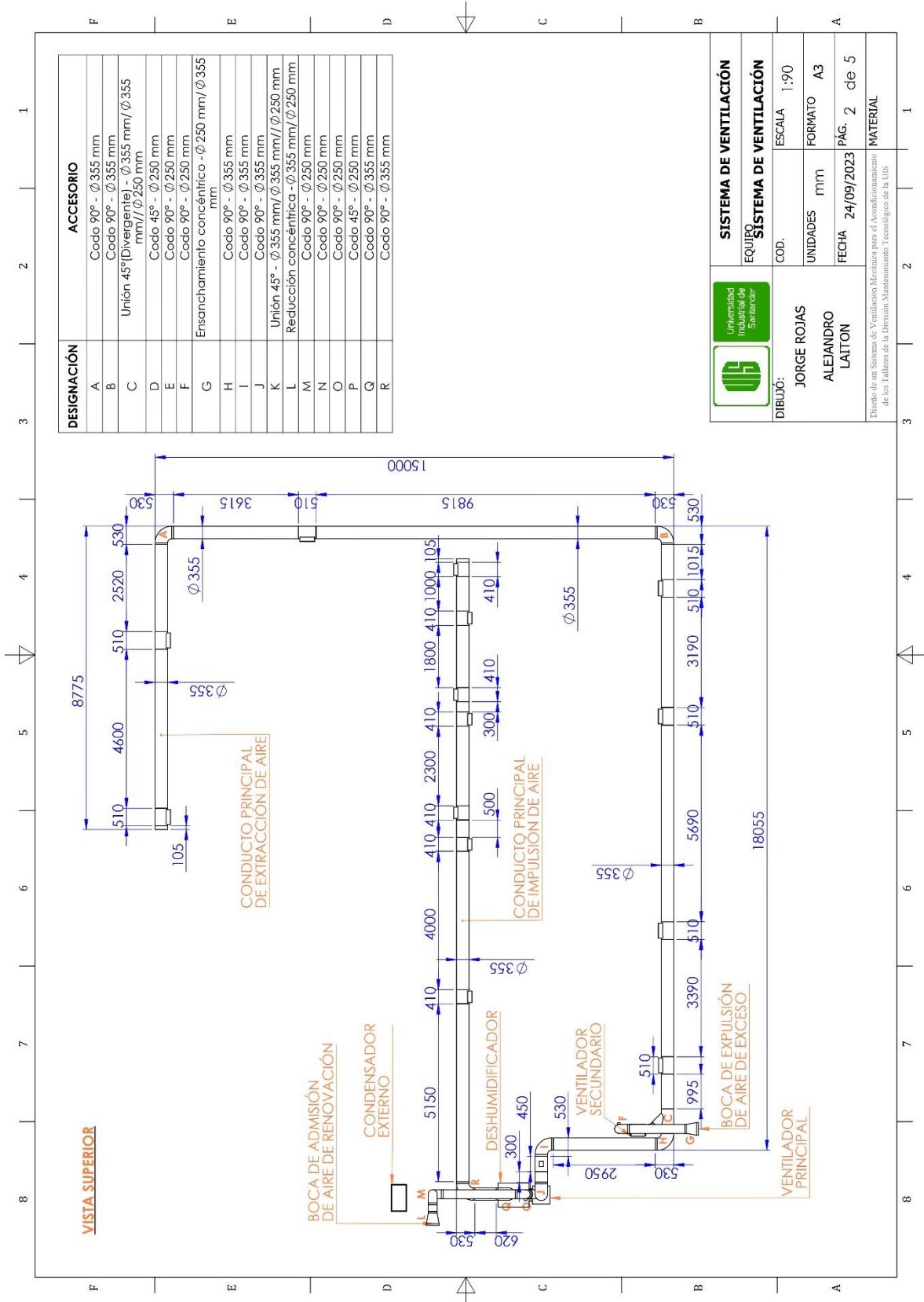
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,666 \text{ m}^3/\text{s}}{0,272 \text{ m} * 0,319 \text{ m}} = 19,2 \text{ m/s}$$

$$PD_{salida} = \left(\frac{v}{4,34} \right)^2 = \left(\frac{19,2}{4,34} \right)^2 = 19,6$$

$$PEV = 9151,8 - 8833,5 - 19,6 = 299 \text{ mmcda}$$

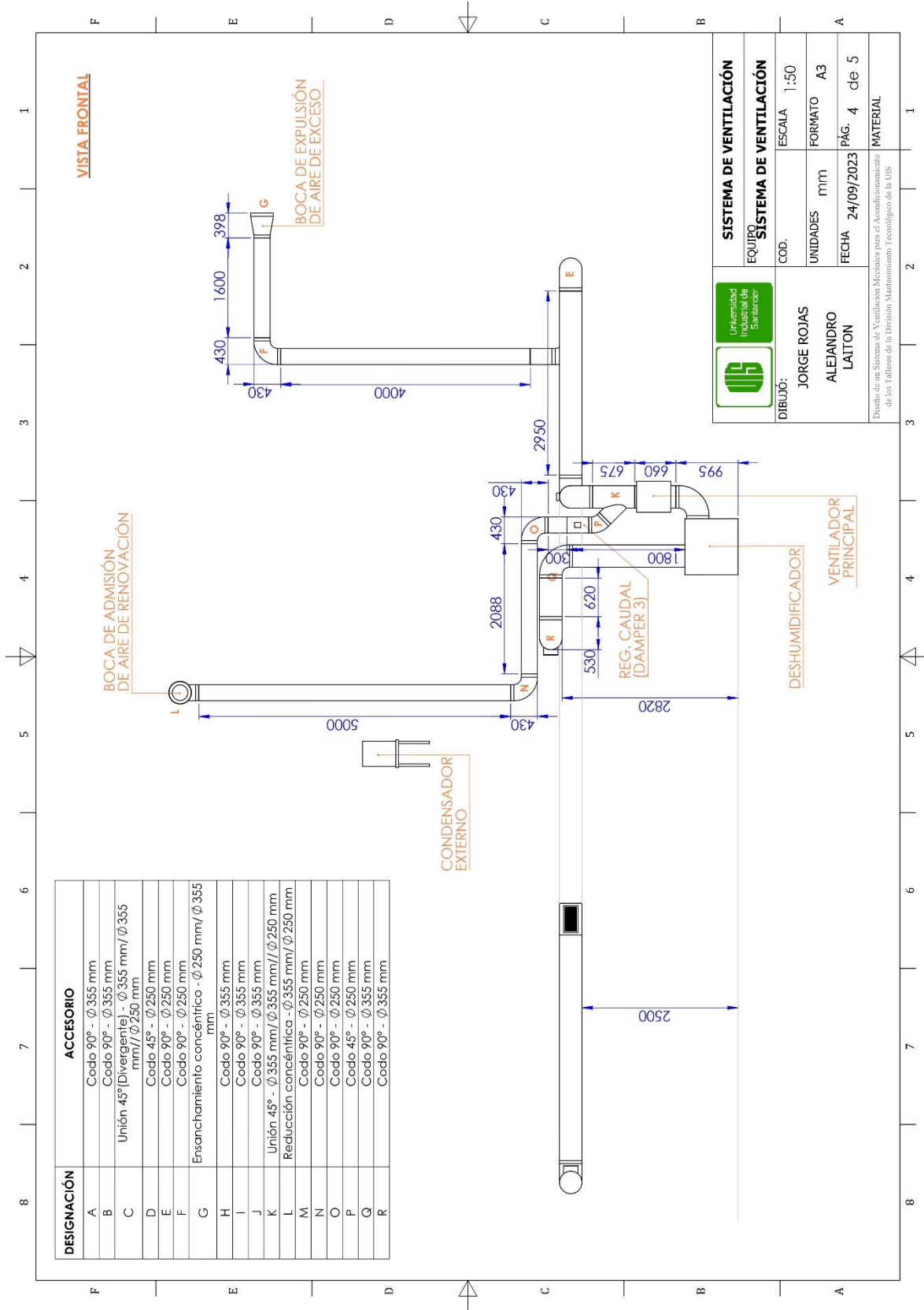
Apéndice E. Planos del del sistema de ventilación



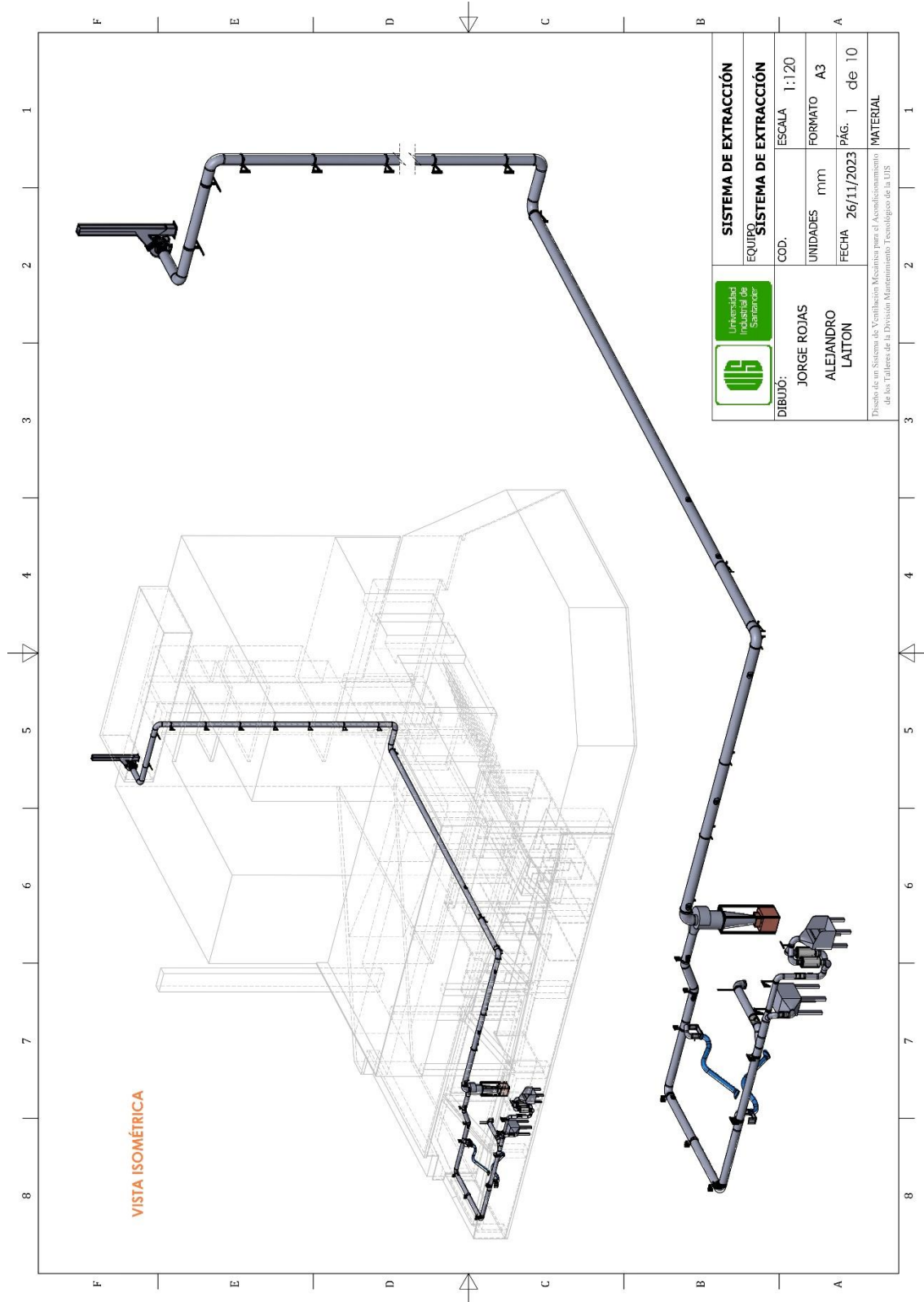


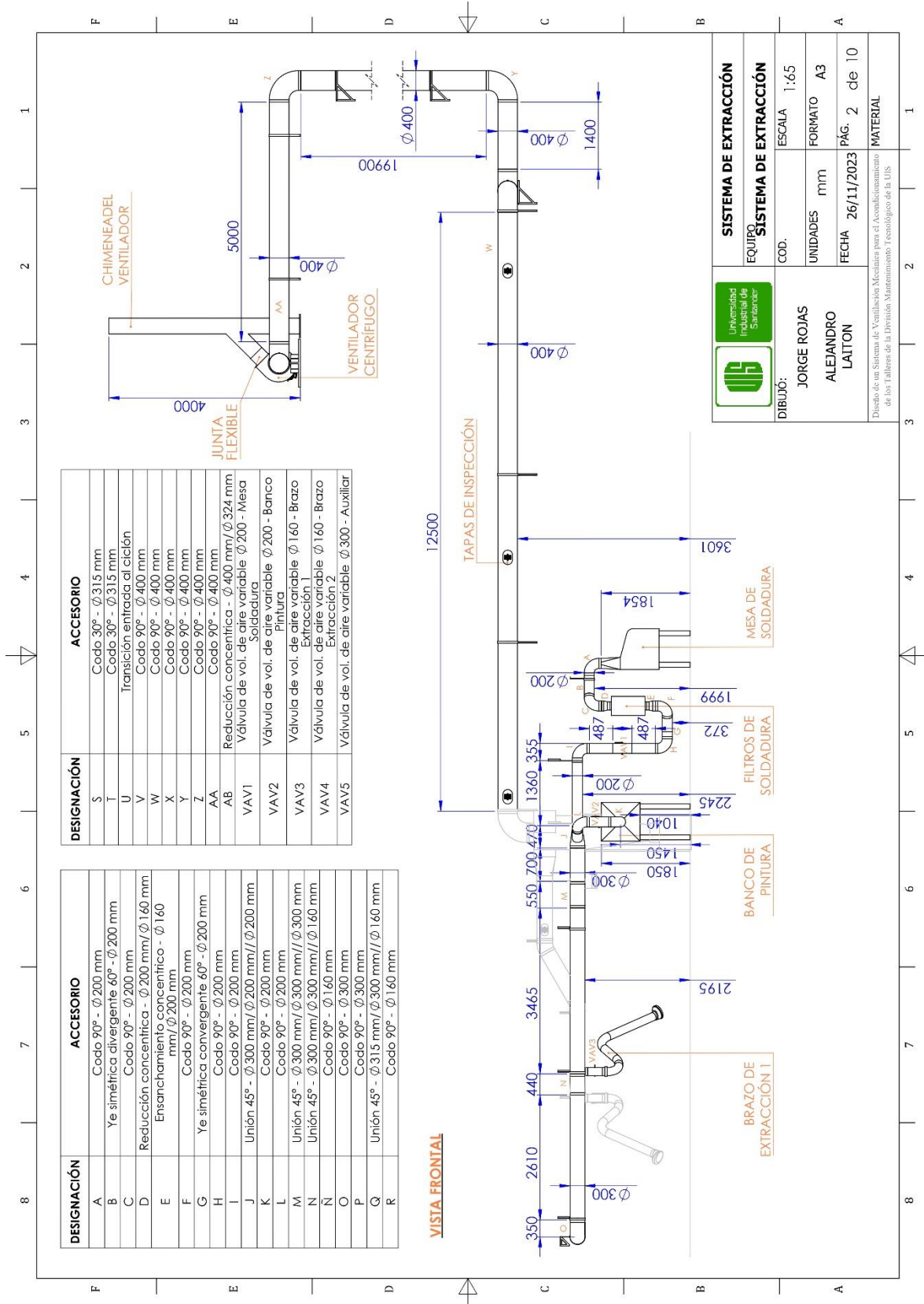
DESIGNACIÓN	ACCESORIO
A	Codo 90° - Ø 355 mm
B	Codo 90° - Ø 355 mm
C	Unión 45° (Divergente) - Ø 355 mm / Ø 355 mm / Ø 250 mm
D	Codo 45° - Ø 250 mm
E	Codo 90° - Ø 250 mm
F	Codo 90° - Ø 250 mm
G	Ensanchamiento concéntrico - Ø 250 mm / Ø 355 mm
H	Codo 90° - Ø 355 mm
I	Codo 90° - Ø 355 mm
J	Codo 90° - Ø 355 mm
K	Unión 45° - Ø 355 mm / Ø 355 mm / Ø 250 mm
L	Reducción concéntrica - Ø 355 mm / Ø 250 mm
M	Codo 90° - Ø 250 mm
N	Codo 90° - Ø 250 mm
O	Codo 90° - Ø 250 mm
P	Codo 45° - Ø 250 mm
Q	Codo 90° - Ø 355 mm
R	Codo 90° - Ø 355 mm

SISTEMA DE VENTILACIÓN	
EQUIPO	SISTEMA DE VENTILACIÓN
COD.	ESCALA 1:90
UNIDADES	mm
FECHA	24/09/2023
DIBUJÓ:	
JORGE ROJAS	
ALEJANDRO LAITON	
Diseño de un Sistema de Ventilación Mecánica para el Acondicionamiento de los Talleres de la División Mantenimiento Tecnológico de la UIS	
MATERIAL	



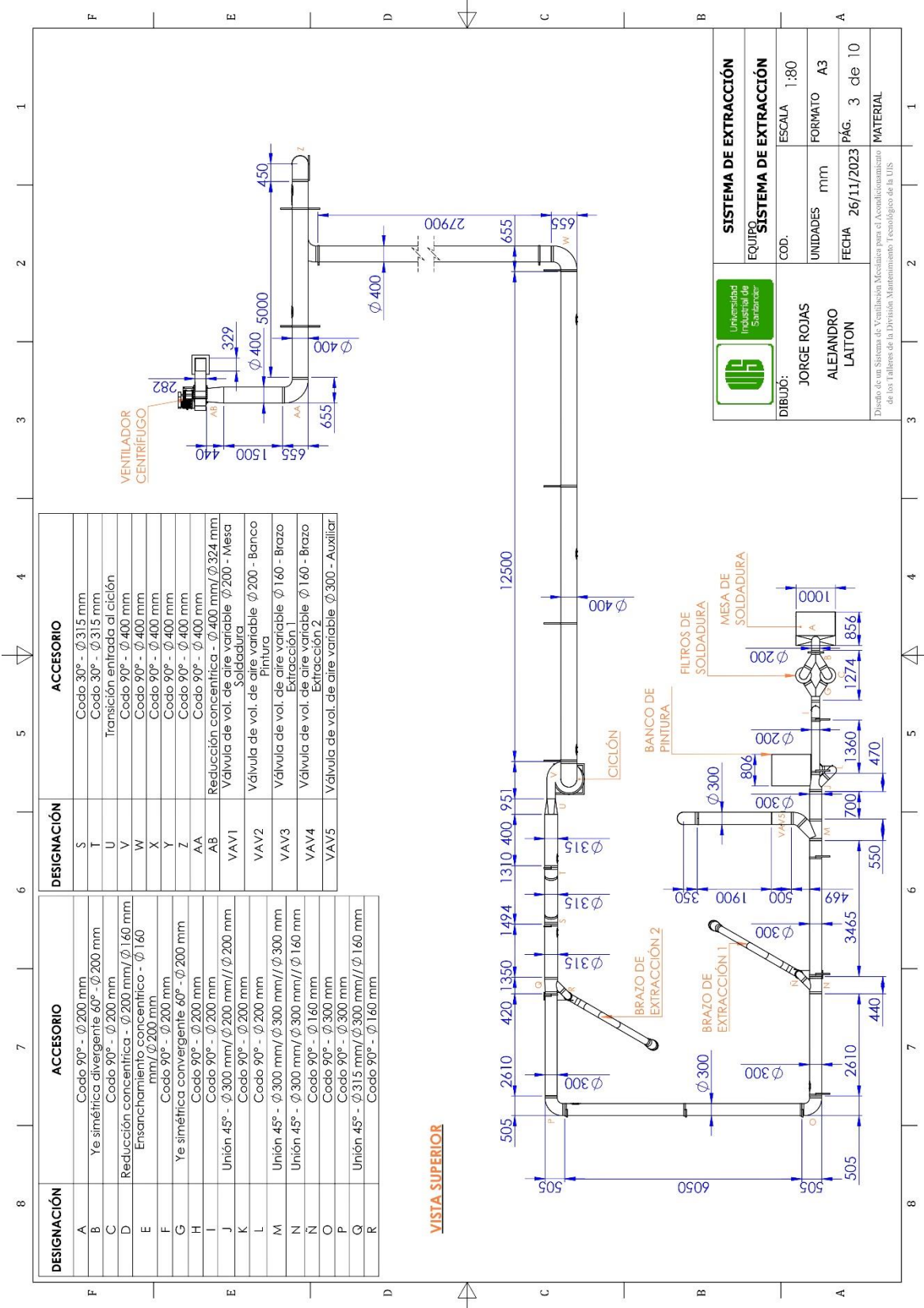
Apéndice F. Planos del sistema de extracción localizada

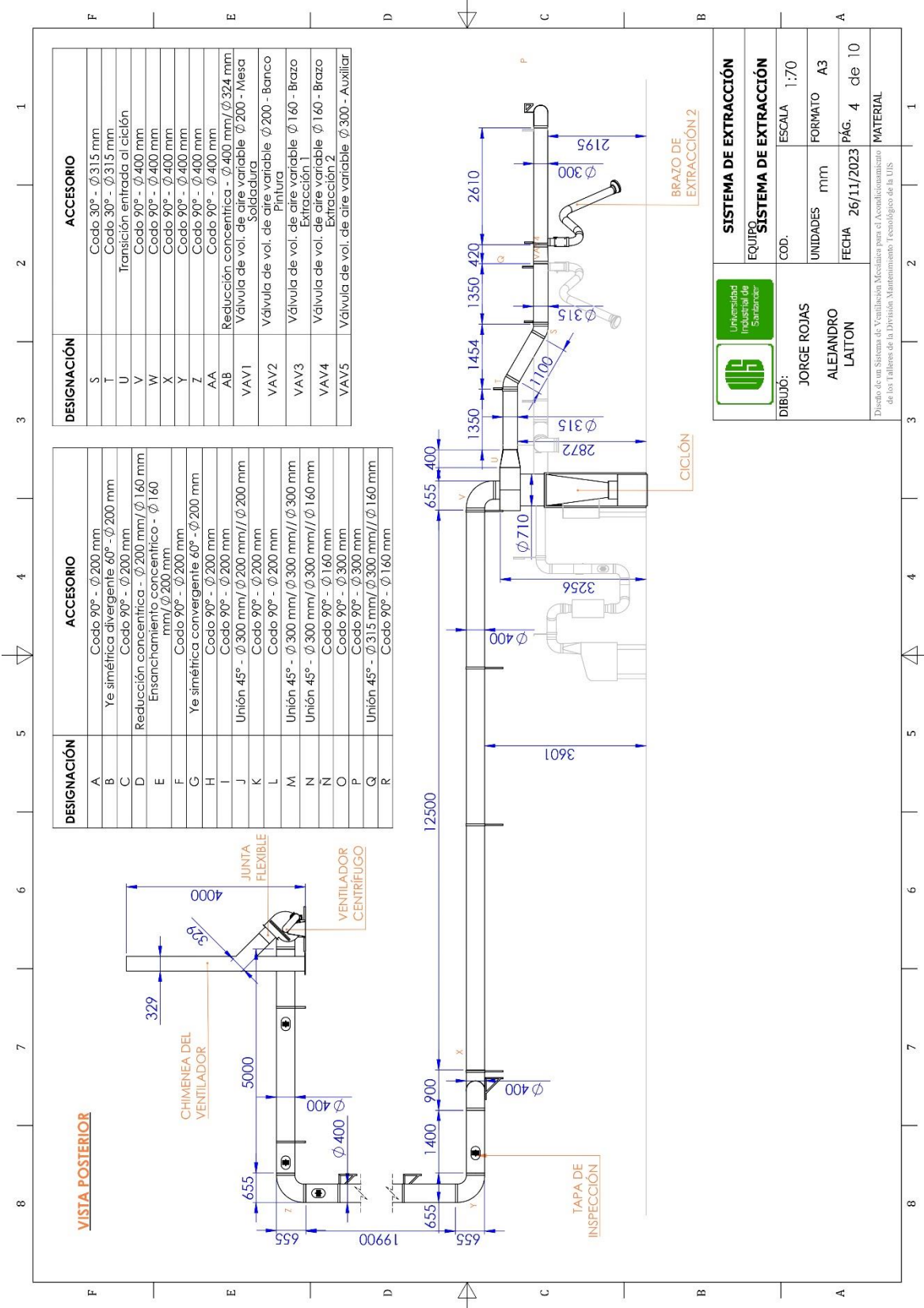




SISTEMA DE EXTRACCIÓN	
EQUIPO	SISTEMA DE EXTRACCIÓN
COD.	ESCALA 1:65
UNIDADES	mm
FECHA	26/11/2023
DIBUJÓ:	JORGE ROJAS ALEJANDRO LAITON
FORMATO	A3
PÁG.	2 de 10
MATERIAL	

Diseño de un Sistema de Ventilación Mecánica para el Avonilaminamiento de los Talleres de la División Mantenimiento Tecnológico de la UIS.



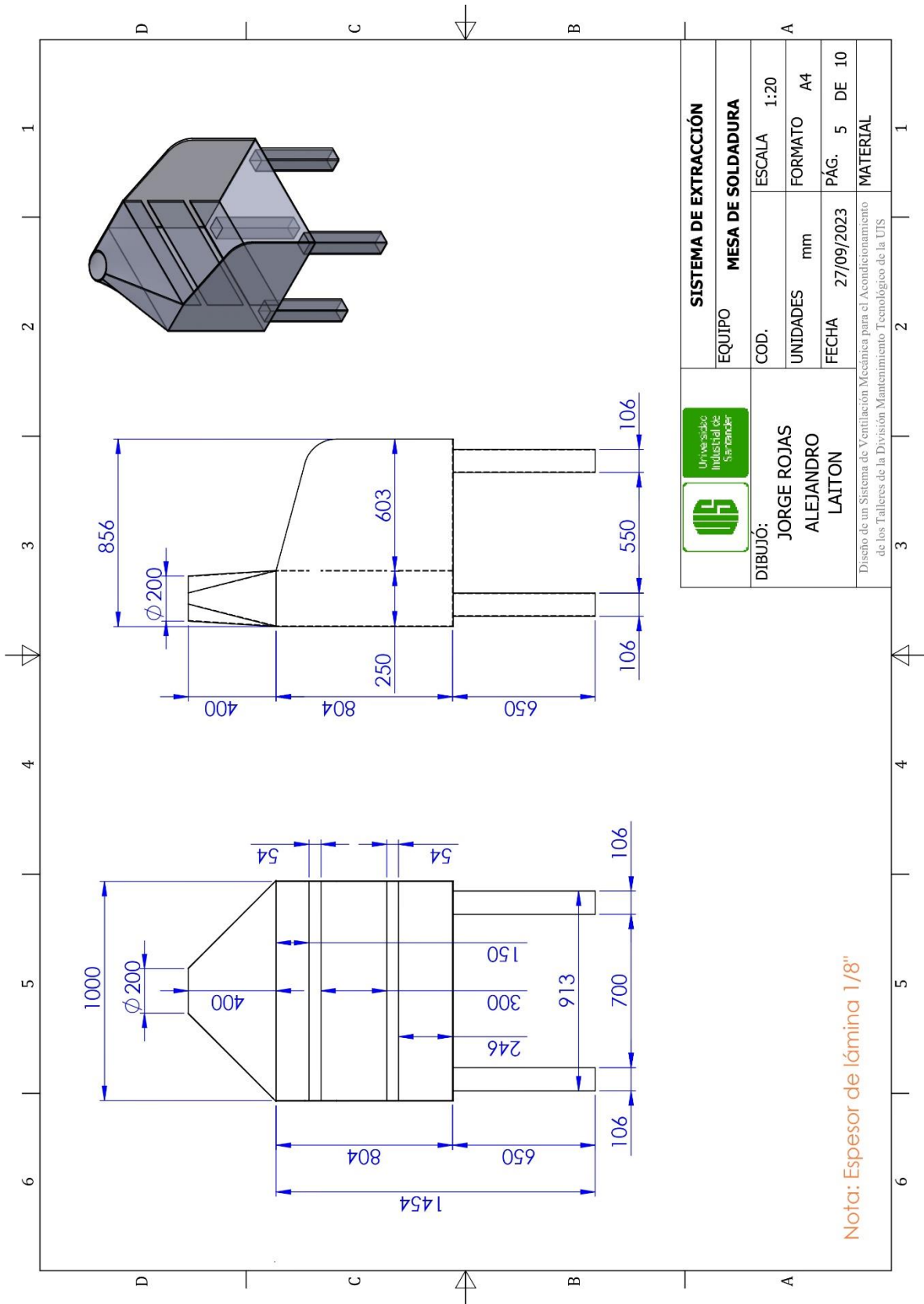


DESIGNACIÓN	ACCESORIO
S	Codo 30° - Ø315 mm
T	Codo 30° - Ø315 mm
U	Transición entrada al ciclón
V	Codo 90° - Ø400 mm
W	Codo 90° - Ø400 mm
X	Codo 90° - Ø400 mm
Y	Codo 90° - Ø400 mm
Z	Codo 90° - Ø400 mm
AA	Codo 90° - Ø400 mm
AB	Reducción concentrica - Ø400 mm/Ø324 mm
VAV1	Válvula de vol. de aire variable Ø200 - Mesa Soldadura
VAV2	Válvula de vol. de aire variable Ø200 - Banco Pintura
VAV3	Válvula de vol. de aire variable Ø160 - Brazo Extracción 1
VAV4	Válvula de vol. de aire variable Ø160 - Brazo Extracción 2
VAV5	Válvula de vol. de aire variable Ø300 - Auxiliar

DESIGNACIÓN	ACCESORIO
A	Codo 90° - Ø200 mm
B	Ye simétrica divergente 60° - Ø200 mm
C	Codo 90° - Ø200 mm
D	Reducción concentrica - Ø200 mm/Ø160 mm
E	Ensamblamiento concentrico - Ø160 mm/Ø200 mm
F	Codo 90° - Ø200 mm
G	Ye simétrica convergente 60° - Ø200 mm
H	Codo 90° - Ø200 mm
I	Codo 90° - Ø200 mm
J	Unión 45° - Ø300 mm/Ø200 mm/Ø200 mm
K	Codo 90° - Ø200 mm
L	Codo 90° - Ø200 mm
M	Unión 45° - Ø300 mm/Ø300 mm/Ø300 mm
N	Unión 45° - Ø300 mm/Ø300 mm/Ø160 mm
O	Codo 90° - Ø160 mm
P	Codo 90° - Ø300 mm
Q	Codo 90° - Ø300 mm
R	Codo 90° - Ø160 mm

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	
EQUIPO	SISTEMA DE EXTRACCIÓN
COD.	ESCALA 1:70
UNIDADES	mm
FECHA	26/11/2023
DIBUJÓ:	JORGE ROJAS ALEJANDRO LAITON
Diseño de un Sistema de Ventilación Mecánica para el Avionamiento de los Talleres de la División Mantenimiento Tecnológico de la UIS.	

SISTEMA DE EXTRACCIÓN	
ESCALA	1:70
FORMATO	A3
PÁG.	4 de 10
MATERIAL	



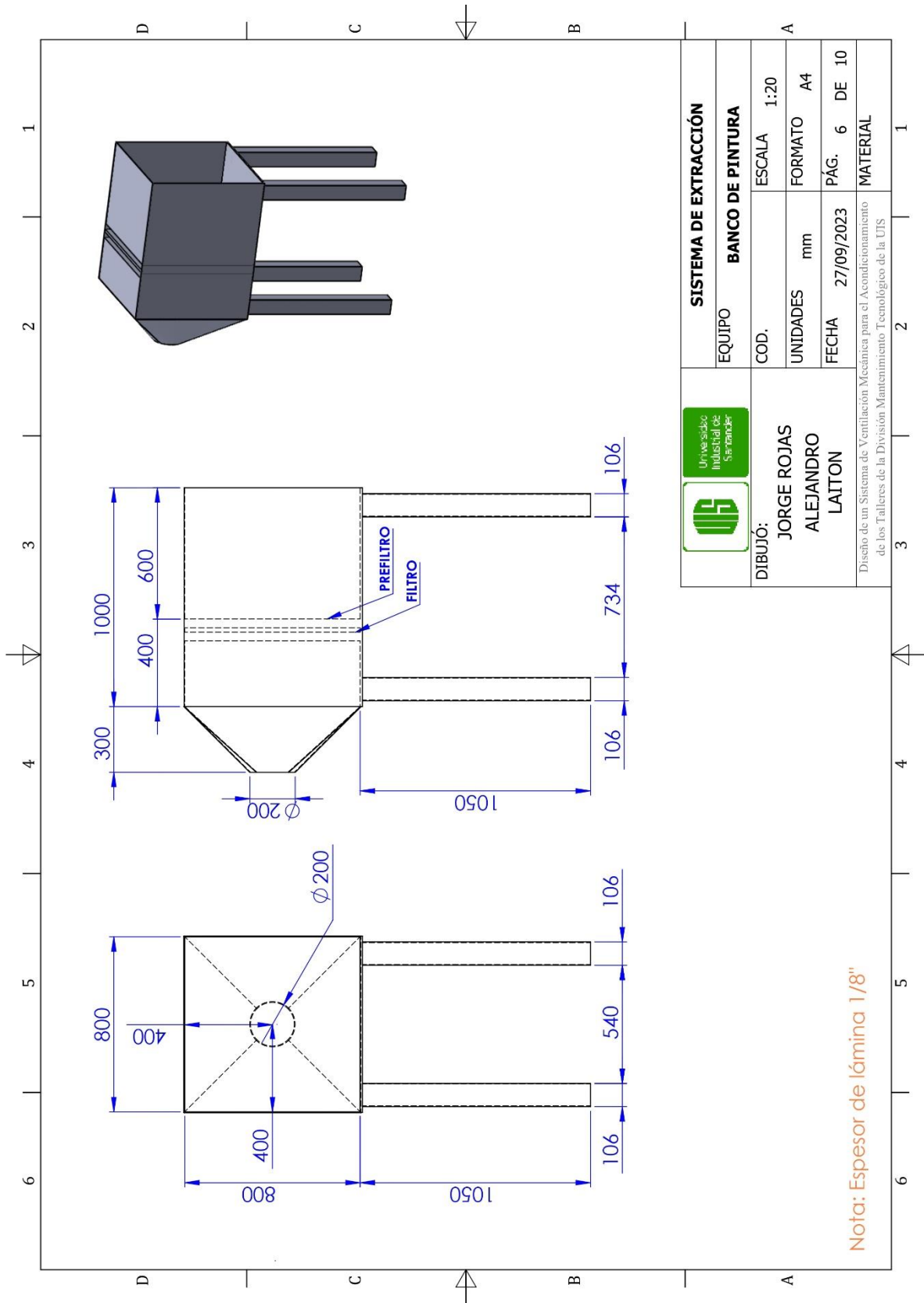
SISTEMA DE EXTRACCIÓN	
EQUIPO	MESA DE SOLDADURA
COD.	ESCALA 1:20
UNIDADES	FORMATO A4
FECHA	PÁG. 5 DE 10
MATERIAL	



DIBUJÓ:
JORGE ROJAS
ALEJANDRO
LAITON

Diseño de un Sistema de Ventilación Mecánica para el Acondicionamiento de los Talleres de la División Mantenimiento Tecnológico de la UIS

Nota: Espesor de lámina 1/8"



	SISTEMA DE EXTRACCIÓN	
	EQUIPO	BANCO DE PINTURA
	COD.	ESCALA 1:20
	UNIDADES mm	FORMATO A4
DIBUJÓ: JORGE ROJAS ALEJANDRO LAITON		FECHA 27/09/2023 PÁG. 6 DE 10 MATERIAL
Diseño de un Sistema de Ventilación Mecánica para el Acondicionamiento de los Talleres de la División Mantenimiento Tecnológico de la UIS		

Nota: Espesor de lámina 1/8"

