

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Arquitectura

Tesis

**Cubierta urbana sustentable aplicada al uso de
aguas pluviales dentro del espacio público Abel
Martínez del distrito de Chilca al 2021**

Candy Romero Yacolca
Gabriel Dario Villar Ibarra

Para optar el Título Profesional de
Arquitecto

Huancayo, 2023

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE APLICADA AL USO DE AGUAS PLUVIALES DENTRO DEL ESPACIO PÚBLICO ABEL MARTÍNEZ DEL DISTRITO DE CHILCA AL 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	www.sedema.cdmx.gob.mx Fuente de Internet	2%
3	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	edoc.pub Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	csustentable.minvu.gob.cl Fuente de Internet	<1%
8	www.captaciondelluvia.org Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
13	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1 %
14	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
15	archive.org Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to ipn Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	redproterra.org Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

21	repositorio.unicartagena.edu.co Fuente de Internet	<1 %
22	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
23	1library.co Fuente de Internet	<1 %
24	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
25	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
26	rinacional.tecnm.mx Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
30	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
32	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

33	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	agua.org.mx Fuente de Internet	<1 %
36	erecursos.uacj.mx Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.ensad.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
39	Submitted to Universidad Politécnica de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
40	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
41	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
42	sswm.info Fuente de Internet	<1 %
43	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
44	www.revistas.unitru.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

45

pavcowavin.com.co

Fuente de Internet

<1 %

46

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

47

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

48

unaj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

49

www.inide.gob.ni

Fuente de Internet

<1 %

50

Submitted to Grupo IOE

Trabajo del estudiante

<1 %

51

repositorio.unac.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

52

repositorio.untels.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

53

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

54

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

55

repositorio.gestiondelriesgo.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

56	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to Caribbean University Trabajo del estudiante	<1 %
58	www.sinia.cl Fuente de Internet	<1 %
59	Submitted to Aliat Universidades Trabajo del estudiante	<1 %
60	#N/A. "Primera MEIA-SD del Proyecto Agroforestal de Pijuayo para la Producción de Palmito-IGA0015798", R.D.G. N° 306-2017-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2022 Publicación	<1 %
61	webidu.idu.gov.co Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.senamhi.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
64	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
65	Submitted to Organismo de Evaluación y Fiscalización Trabajo del estudiante	<1 %

66

Fuente de Internet

<1 %

67

sepec.aunap.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

68

www.asoc-ame.es

Fuente de Internet

<1 %

69

Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

70

Submitted to University of La Guajira

Trabajo del estudiante

<1 %

71

dof.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

72

fr.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

73

ojs.unemi.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

74

ri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

<1 %

75

www.ideam.gov.co

Fuente de Internet

<1 %

76

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

77

mycovenant.eumayors.eu

Fuente de Internet

<1 %

78

Submitted to Escuela Politecnica Nacional

Trabajo del estudiante

<1 %

79

www.innova.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

80

www.mysciencework.com

Fuente de Internet

<1 %

81

#N/A. "ITS del Proyecto Ampliación de Componentes en las Actividades Operativas-IGA0019793", R.D. N° 104-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

<1 %

82

Amanda Abigail Villafuerte Fernández, Alexandra Jacqueline Pazmiño Villao, Holguer Estuardo Romero Urréa, María Beatriz Yuquilema-Cortez et al. "VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE VIDA DEL ADULTO MAYOR CON INSUFICIENCIA RENAL CRÓNICA", Más Vita, 2022

Publicación

<1 %

83

repositorio.puce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

84

repositorio.upagu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

85	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
86	46.210.197.104.bc.googleusercontent.com Fuente de Internet	<1 %
87	Durães, Jussara Angélica(Sales, Maria José Araújo). "Dispositivos Eletrônicos Orgânicos Baseados no Óleo de Buriti (Mauritia flexuosa L.)", RIUnB, 2008. Publicación	<1 %
88	imt.mx Fuente de Internet	<1 %
89	investigacion.udca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
90	revistas.ubiobio.cl Fuente de Internet	<1 %
91	www.sierraclub.org Fuente de Internet	<1 %
92	www.taringa.net Fuente de Internet	<1 %
93	ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A.. "DAAC Fundo Armonía 4-IGA0016374", R.D.G. N° 246-2019-MINAGRI-DVDIAR-DGAAA, 2022 Publicación	<1 %
94	GOLDER ASSOCIATES PERU S.A.. "Tercer ITS de la Segunda Modificación del Estudio de	<1 %

Impacto Social y Ambiental de la Unidad Minera Constancia-IGA0000903", R.D. N° 120-2019-SENACE-PE/DEAR, 2020

Publicación

95

J & E CONSULTORES GENERALES S.R.L.. "EIA-SD del Proyecto Instalación de la Línea de Transmisión en 60 kV Pongo de Caynarachi - Yurimaguas y Subestaciones-IGA0002612", R.D. N° 196-2017-MEM/DGAAE, 2020

Publicación

<1 %

96

antropocene.it

Fuente de Internet

<1 %

97

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

98

desastres.cies.edu.ni

Fuente de Internet

<1 %

99

dspace.unach.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

100

prezi.com

Fuente de Internet

<1 %

101

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

102

repositorio.ujcm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

103

www.eudalddomenech.com

Fuente de Internet

<1 %

104	www.excelsior.com.mx Fuente de Internet	<1 %
105	www.mid.ru Fuente de Internet	<1 %
106	"Gobernanza del agua en territorios agrícolas - Estudio de caso en Perú", Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021 Publicación	<1 %
107	"Susceptibilidad de incendios forestales en el cantón Quito, Ecuador, y su relación con el capital simbólico presente en la población del sector", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2002 Publicación	<1 %
108	INERCO CONSULTORIA PERU S.A.C.. "EIA del Proyecto Ampliación de la Planta Industrial de Motupe-IGA0015172", R.D. N° 227-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2021 Publicación	<1 %
109	Submitted to Universidad Francisco de Paula Santander Trabajo del estudiante	<1 %
110	alinoncom.angelfire.com Fuente de Internet	<1 %
111	cdigital.uv.mx Fuente de Internet	<1 %

112	dspace.umh.es Fuente de Internet	<1 %
113	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
114	noticiascd.mx Fuente de Internet	<1 %
115	quimicaparaingenieria.blogspot.com.es Fuente de Internet	<1 %
116	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
117	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
118	www.ayto-siero.es Fuente de Internet	<1 %
119	www.fontagro.org Fuente de Internet	<1 %
120	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
121	www.hisour.com Fuente de Internet	<1 %
122	www.mintransporte.gov.co Fuente de Internet	<1 %
123	"Uso de modelación organizacional para evaluar el impacto de principios de lean	<1 %

construction en el desempeño de proyectos.",
Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2016

Publicación

-
- | | | |
|-------|---|------|
| 124 | ECOFISH S.A.. "EIA-SD para el Traslado Físico por Reubicación con Innovación Tecnológica de 30 t/h hacia la Planta donde se Desarrollan las Actividades de Procesamiento de Harina de Alto Contenido Proteico y Aceite de Pescado de 120 t/h y Enlatado de 9600 cajas/turno, para una Capacidad Acumulada de 150 t/h de Materia Prima, Ubicada en el Distrito de Paracas, Ica-IGA0011130", R.D. N° 215-2019-PRODUCE/DGAAMPA, 2020 | <1 % |
| <hr/> | | |
| 125 | Submitted to Universidad de Cartagena
Trabajo del estudiante | <1 % |
| <hr/> | | |
| 126 | myslide.es
Fuente de Internet | <1 % |
| <hr/> | | |
| 127 | podcasts.apple.com
Fuente de Internet | <1 % |
| <hr/> | | |
| 128 | repositorio.unsm.edu.pe
Fuente de Internet | <1 % |
| <hr/> | | |
| 129 | spanish.korea.net
Fuente de Internet | <1 % |
| <hr/> | | |
| 130 | vdocuments.mx
Fuente de Internet | <1 % |
-

131	www.cepis.ops-oms.org Fuente de Internet	<1 %
132	www.proteccioncivil.org Fuente de Internet	<1 %
133	www.scielo.br Fuente de Internet	<1 %
134	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
135	David Pons Aliaga. "ESTUDIO NUMÉRICO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE COLUMNAS MIXTAS CON DOBLE TUBO RELLENAS DE HORMIGON", Universitat Politecnica de Valencia, 2016 Publicación	<1 %
136	Davis Montenegro, Gustavo A. Ramos. "Characterization of power quality disturbances using digital filtering techniques", 2012 IEEE International Symposium on Alternative Energies and Energy Quality (SIFAE), 2012 Publicación	<1 %
137	ENVIRONMENTAL SOLUTIONS S.A.C.. "Modificación del DIA para el Proyecto Ampliación Planta Tupemesa Lurín-IGA0007791", R.D. N° 532-2019-PRODUCE/DVMYPE-I/DGAAMI, 2020 Publicación	<1 %

138

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Cantera Jera-IGA0011489", R.D. N° 217-2009-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

139

livrosdeamor.com.br

Fuente de Internet

<1 %

140

scielo.conicyt.cl

Fuente de Internet

<1 %

141

style.shockvisual.net

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

AGRADECIMIENTOS

Mediante estas líneas deseamos agradecer a todos que de forma directa e indirecta colaboraron en la finalización de esta investigación.

Nuestro más sincero agradecimiento a los asesores Arq. Jesús Verastegui V. y Arq. Vladimir Montoya T., quienes con sus conocimientos y experiencia nos brindaron sus recomendaciones y guiaron durante todo el proceso de la investigación.

Del mismo modo, agradecemos a la Universidad Continental, nuestra casa de estudios, y a la Facultad de Arquitectura, a la que representaremos por medio de las investigaciones.

Al Ing. Jacinto Arroyo A., que nos transmitió sus conocimientos y el amor por la investigación a favor del medio ambiente, que su energía siga siendo luz en el firmamento.

Finalmente, queremos agradecer a nuestros padres, hermanos, familiares y amigos por el apoyo y la confianza.

DEDICATORIA:

Queremos dedicar este trabajo a nuestros padres Inés, José, Enith y Rubén, quienes con su amor y experiencia nos inculcaron a perseguir nuestros sueños y mantener nuestros ideales.

Así mismo, a nuestros hermanos Pepe, Cristian y Le Alberth, con quienes juntos recorremos un camino de diversión, complicidad, discusiones y enseñanzas.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA:.....	iii
RESUMEN	x
SUMMARY	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2. OBJETIVOS.....	5
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3. JUSTIFICACIÓN	6
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	6
1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA, AMBIENTAL Y SOCIAL.....	6
1.3.3. JUSTIFICACIÓN INVESTIGATIVA	7
1.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	7
1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	7
1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	7
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.5.1. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.5.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.6. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES	8
1.6.1. VARIABLES	8
1.6.2. DIMENSIONES E INDICADORES	9
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	10
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	14
2.2. BASES TEÓRICAS.....	17
2.2.1. CUBIERTA, COBERTURA Y CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE.....	17
2.2.2. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS MATERIALES.....	19
2.2.3. CUBIERTAS DE MATERIALES FÁBRICA.....	19
2.2.4. CUBIERTAS DE MADERA.....	24
2.2.5. CUBIERTAS DE ACERO	30
2.2.6. CUBIERTAS DE HORMIGÓN ARMADO / ESTRUCTURAS LAMINARES.....	33

2.2.7. AGUAS PLUVIALES	36
2.2.8. CICLO NATURAL Y URBANO DEL AGUA	40
2.2.9. COSECHA DE LLUVIAS	42
2.2.10. CALIDAD PARA EL AGUA	58
2.3. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS	60
2.3.1. PARAGUAS DE HORMMIGÓN ARMADO	60
2.3.2. CUBIERTA DE BÓVEDA CÁSCARA	61
2.3.3. EL PARAGUAS INVERTIDO DE FÉLIX CANDELA	63
2.3.4. CUBIERTA DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO REPSOL	65
2.3.5. CUBIERTA DEL PABELLÓN DE LOS HEXÁGONOS	65
2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	67
CAPÍTULO III	71
METODOLOGÍA	71
3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	71
3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	71
3.1.2. ALCANCE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	71
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	72
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	76
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS	76
3.4.1. TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS	76
3.4.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS	76
CAPÍTULO IV	77
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	77
4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	77
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	100
4.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	100
CAPÍTULO V	102
PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	102
5.1. PROCESO DE DISEÑO DE MODELO A ESCALA	102
5.1.1. ANÁLISIS MORFOLÓGICO	102
5.1.2. DISEÑO DE MODELO SELECCIONADO	111
5.2. CONSTRUCCIÓN DE MODELO SELECCIONADO	116
CAPÍTULO VI	123
DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA ARQUITECTÓNICA	123
6.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL	123
6.2. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA	132
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	152
RECOMENDACIONES ADICIONALES	154
REFERENCIAS	155
ANEXOS	163

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Operacionalización de variables	9
Tabla 2.1. Medida de la captación de aguas pluviales	37
Tabla 2.2. Toxicidad y coeficiente de escorrentía (Ce) de los materiales	46
Tabla 2.3. Superficies para la cosecha de lluvia	48
Tabla 2.4. Dimensionamiento de tuberías de conducción	49
Tabla 2.5. Desvío de primeras lluvias	51
Tabla 2.6. Tipos de almacenamiento	56
Tabla 2.7. Mantenimiento de sistemas de captación de lluvia	58
Tabla 2.8. Calidad de agua para riego no restringido	59
Tabla 4.1. Resultado de medidas del espacio público Abel Martínez	77
Tabla 4.2. Resumen de precipitaciones registradas del grupo experimental y de control	78
Tabla 4.3. Cantidad de agua pluvial desaprovechada	80
Tabla 4.4. Cantidad de agua pluvial recuperada	81
Tabla 4.5. Resumen de cantidad total de agua pluvial desaprovechada y cantidad total de agua pluvial recuperada	82
Tabla 4.6. Resultados de ensayo microbiológico y parasitológico de grupo experimental M01	83
Tabla 4.7. Resultados de ensayo microbiológico y parasitológico de grupo de control M02	83
Tabla 4.8. Resumen de ensayo microbiológico y parasitológico de grupo experimental y de control	84
Tabla 4.9. Precipitación histórica de 1995 al 2019 de la estación Santa Ana	86
Tabla 4.10. Precipitación media mensual de la estación Santa Ana	88
Tabla 4.11. Precipitación pluvial neta temporada lluviosa	88
Tabla 4.12. Resultado de huella de techo	89
Tabla 4.13. Oferta pluvial	89
Tabla 4.14. Demanda diaria de agua para riego de áreas verdes	90
Tabla 4.15. Demanda mensual para riego de áreas verdes	90
Tabla 4.16. Oferta vs. demanda pluvial	91
Tabla 4.17. Tarifario de SEDAM Huancayo S.A.	92
Tabla 4.18. Cálculo de valor monetario de ahorro de agua	92
Tabla 4.19. Cálculo del valor monetario de la demanda para riego de áreas verdes	93
Tabla 4.20. Valor de gasto disminuido	94
Tabla 5.1. Matriz morfológica	103
Tabla 5.2. Escalamiento de Likert	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Cobertura típica	18
Figura 2.2. Bóveda de cañón y bóveda tórica	20
Figura 2.3. Bóveda apuntada, de medio punto y rebajada.....	21
Figura 2.4. La bóveda	21
Figura 2.5. Bóvedas de arista	22
Figura 2.6. Trompa, pechina y bóveda vaída	24
Figura 2.7. La cercha	27
Figura 2.8. Perfiles de acero	31
Figura 2.9. Uniones atornilladas	32
Figura 2.10. Uniones soldadas.....	33
Figura 2.11. Paraboloide hiperbólico.....	35
Figura 2.12. Tipos de curvatura doble.....	36
Figura 2.13. Curva de intensidad de la lluvia de un aguacero	36
Figura 2.14. Pluviómetro artesanal	39
Figura 2.15. Estación hidrometeorológica Santa Ana	39
Figura 2.16. Ciclo hidrológico.....	40
Figura 2.17. Efecto de la urbanización en el pico máximo de escorrentía	41
Figura 2.18. Captación de agua de lluvia.....	42
Figura 2.19. Techo cuenca	45
Figura 2.20. Huella de techo	45
Figura 2.21. Elementos de canalización y distribución.....	49
Figura 2.22. Tipos de desvíos general a drenaje	50
Figura 2.23. Método automático.....	52
Figura 2.24. Método manual	53
Figura 2.25. Método de masa fija.....	53
Figura 2.26. Filtros de hojas.....	54
Figura 2.27. Control de sedimentación	54
Figura 2.28. Paraguas de la leche en Oviedo	60
Figura 2.29. Paraguas de la Pola de Siero	60
Figura 2.30. Estructura de bóveda cáscara	61
Figura 2.31. Bóveda cáscara	62
Figura 2.32. Monumento en homenaje a Amancio Williams	63
Figura 2.33. Paraguas experimental	64
Figura 2.34. Deformación de paraguas.....	64
Figura 2.35. Cubiertas de la estación Repsol	65
Figura 2.36. Pabellón de los Hexágonos	66
Figura 2.37. Generación de un cono.....	69
Figura 3.1. Diseño de investigación	75
Figura 4.1. Áreas permeables e impermeables	78

Figura 4.2a. Precipitaciones registradas de grupo experimental.....	79
Figura 4.2b. Precipitaciones registradas de grupo control	79
Figura 4.3. Cantidad de agua pluvial desaprovechada	80
Figura 4.4. Cantidad de agua pluvial recuperada.....	82
Figura 4.5. Resumen en porcentajes de la cantidad total de agua pluvial desaprovechada y cantidad total de agua pluvial recuperada	82
Figura 4.6. Comparación de ensayo de grupo experimental con LMP.....	83
Figura 4.7. Comparación de ensayo de grupo de control con LMP	84
Figura 4.8. Comparación de ensayo de grupo experimental con grupo de control	84
Figura 4.9. Comportamiento de precipitaciones históricas.....	87
Figura 4.10. Identificación de temporada lluviosa y seca	88
Figura 4.13. Oferta pluvial.....	89
Figura 4.16. Porcentaje de demanda cubierta	91
Figura 4.18. Valor monetario de ahorro de agua.....	93
Figura 4.19. Valor monetario de la demanda para riego de áreas verdes	94
Figura 4.20. Valor monetario disminuido del gasto	95
Figura 4.21. Proyección de sombras equinoccio de marzo.....	96
Figura 4.22. Proyección de sombras equinoccio de setiembre	97
Figura 4.23. Proyección de sombras solsticio de junio	98
Figura 4.24. Proyección de sombras solsticio de diciembre	99
Figura 5.1. Apunte de cubierta inclinada.....	104
Figura 5.2. Apunte de cubierta cuenca	105
Figura 5.3. Apunte de cubierta piramidal	106
Figura 5.4. Apunte de cubierta hyper	107
Figura 5.5. Apunte de cubierta circular	108
Figura 5.6. Medición de actitud frente a los diseños de las cubiertas	110
Figura 5.7. Componentes de modelo a escala.....	111
Figura 5.8. Vistas de modelo a escala	112
Figura 5.9. Piezas de modelo a escala	113
Figura 5.10. Ensamble de modelo a escala	114
Figura 5.11. Sistema de captación de modelo a escala.....	115
Figura 5.12. Piezas impresas.....	116
Figura 5.13. Cortes de piezas de la trama estructural.....	116
Figura 5.14. Cortes de piezas de soporte	116
Figura 5.15. Corte de encajes para trama.....	117
Figura 5.16. Corte de encajes para soporte.....	117
Figura 5.17. Piezas de la trama	117
Figura 5.18. Piezas del soporte.....	118
Figura 5.19. Corte de piezas para encofrado.....	118
Figura 5.20. Encofrado y tejido de acero para base.....	118
Figura 5.21. Desencofrado de base	119
Figura 5.22. Ensamble de soporte	119

Figura 5.23. Ensamble de soporte a base	119
Figura 5.24. Presentación de base y soporte.....	120
Figura 5.25. Inicio de ensamble de trama estructural	120
Figura 5.26. Ensamble de trama estructural	120
Figura 5.27. Instalación de red pluvial.....	121
Figura 5.28. Presentación de cubierta y sistema de red pluvial	121
Figura 5.29. Instalación de cerramiento	121
Figura 5.30. Cubierta urbana sustentable instalada.....	122
Figura 6.1. Ubicación y localización del área de estudio.....	124
Figura 6.2. Zonificación, equipamientos e hitos	125
Figura 6.3. Llenos y vacíos	126
Figura 6.4. Alturas y perfil urbano	127
Figura 6.5. Sistema vial.....	128
Figura 6.6. Vegetación – áreas permeables e impermeables	129
Figura 6.7. Clima – asoleamiento, precipitación y vientos	130
Figura 6.8. Expresión cultural	131
Figura 6.9. Planta de distribución.....	132
Figura 6.10. Huella de propuesta arquitectónica.....	133
Figura 6.11. Elevación CUS.....	134
Figura 6.12. Corte A-A CUS.....	135
Figura 6.13. Tipos de CUS.....	136
Figura 6.14. Detalles de CUS	137
Figura 6.15. Detalle de CUS	138
Figura 6.16. Planta de cimentación.....	139
Figura 6.17. Tipos de cimentación	140
Figura 6.18. Red de distribución pluvial	141
Figura 6.19. Corte esquemático de red pluvial.....	142
Figura 6.20. Render – Vista general 1	143
Figura 6.21. Render – Vista general 2	144
Figura 6.22. Render – Integración de CUS con vegetación 1	145
Figura 6.23. Render – Integración de CUS con vegetación 2	146
Figura 6.24. Render – Perspectiva inferior.....	147
Figura 6.25. Render – Integración de CUS a plaza principal	148
Figura 6.26. Render – Integración de CUS a zona deportiva.....	149
Figura 6.27. Render – Integración de CUS a graderías	150
Figura 6.28. Render – Perspectiva lineal	151

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general determinar cómo la cubierta urbana sustentable influye en relación con el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca. Es de diseño cuasiexperimental de series cronológicas con posprueba y grupo control. Está constituida por una muestra no probabilística de un estudio de caso que es el modelo a escala diseñado y construido de la cubierta urbana sustentable. Los resultados obtenidos de un total de 18 eventos pluviales registrados fueron: primero, que del total de agua pluvial desaprovechada captada por el pluviómetro artesanal proyectada al espacio público Abel Martínez equivalentes a 1457.67 m³ se recupera por el modelo a escala de la cubierta urbana sustentable proyectada a la huella de cubierta de la propuesta arquitectónica 157.9 m³, que equivalen al 10.83%; segundo, los ensayos de laboratorio muestran que ambos grupos se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos (LMP), presentando una calidad óptima para uso de riego de áreas verdes; tercero, el porcentaje de la demanda cubierta para riego de áreas verdes por la propuesta arquitectónica con proyección a un año no lograría satisfacer en ningún mes; sin embargo, cubriría un porcentaje significativo en los 8 meses de temporada lluviosa; así también, proveería protección a los usuarios por las sombras que proyectaría durante todo el año.

Palabras clave: cubierta urbana sustentable, aguas pluviales, pluviómetro artesanal, huella de cubierta, temporada lluviosa, espacio público Abel Martínez.

SUMMARY

The general objective of this research is to determine how sustainable urban cover influences in relation to the waste of rainwater use for irrigation of green areas in the Abel Martínez public space in the district of Chilca. It is of quasi-experimental design of chronological series with posttest and control group. It is constituted by a non-probabilistic sample of a case study that is the scale model designed and built of sustainable urban cover. The results obtained from a total of 18 recorded rainfall events were: first, that of the total wasted rainwater captured by the artisanal rain gauge projected to the Abel Martínez public space equivalent to 1457.67 m³ is recovered by the scale model of the sustainable urban roof projected to the roof footprint of the architectural proposal 157.9 m³, equivalent to 10.83%; second, laboratory tests show that both groups are below the maximum permitted limits (LMP), presenting an optimal quality for irrigation use of green areas; third, the percentage of the demand covered for irrigation of green areas by the architectural proposal with a one-year projection would not be able to satisfy in any month; however, it would cover a significant percentage in the 8 months of rainy season; It would also provide protection to users from the shadows it would cast throughout the year.

Keywords: sustainable urban roof, rainwater, artisanal rain gauge, roof footprint, rainy season, public space Abel Martínez.

INTRODUCCIÓN

Las cubiertas de variados tipos, tamaños y formas representan a lo largo de la historia un modelo creado por el hombre para una necesidad inicial de protección contra las inclemencias climáticas; sin embargo, en su desarrollo surgen nuevas preocupaciones de competencia global; la escasez de los recursos hídricos, por ejemplo, exige la búsqueda de estrategias sustentables en las estructuras arquitectónicas con el fin de reducir el impacto negativo que pudiera ocasionarse en un futuro próximo. Por consiguiente, la investigación está basada en un modelo de cubierta urbana que permita, además de proteger a sus usuarios, poder adaptar una función sustentable como la de captar las aguas provenientes de las precipitaciones y aprovechar su uso para recuperar parte de toda la que se pierde en un caduco sistema convencional.

Como objetivo general, la investigación establece determinar cómo la cubierta urbana sustentable influye con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes dentro del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca, estableciendo la diferencia entre la cantidad aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable con relación a las aguas pluviales no aprovechadas que se dan en las áreas del espacio público; y, del mismo modo, con la calidad, adicionalmente, analizar aspectos de viabilidad respecto a la relación de la versatilidad de la cubierta con la temporada lluviosa y seca.

La investigación se divide en seis capítulos: el Capítulo I describe el planteamiento y la formulación del problema, donde se reconoce el valor del agua en la vida y en las distintas actividades del hombre. Además, se identifica el tipo de infraestructura de las cubiertas que predominan en el Perú y los problemas que genera por no considerar en su diseño una estrategia sustentable y una adaptabilidad con su entorno; a su vez, se mencionan algunos ejemplos de proyectos exitosos. Así mismo, se exponen algunas causas de la problemática

y sus consecuencias; seguidamente, se mencionan algunos detalles del aporte que se desarrollará. De esta forma, se definen los objetivos, justificación, hipótesis, descripción de la variable dependiente e independiente junto a la operacionalización de variables y los alcances tanto geográfico como temporal.

El Capítulo II pertenece al marco teórico, iniciando con los antecedentes de la investigación; así mismo, las bases teóricas organizadas según las dos variables: la primera referida a la cubierta, donde se muestra la definición de los términos: cubierta, cobertura y cubierta urbana sustentable, así como el comportamiento estructural interno de los materiales diferenciando a los materiales frangibles, tenaces y formáceos; además, describiendo el tipo de material de construcción como la piedra, ladrillo, madera, acero y hormigón armado. La segunda referida a las aguas pluviales, y del mismo modo, se muestra la definición del término aguas pluviales, así como la intensidad, sus componentes, los beneficios, potenciales usos, la pluviometría, el pluviómetro, ubicación de la estación meteorológica, entre otros. Así también, se describe al ciclo natural del agua, el ciclo urbano, la captación o cosecha de agua con todo lo que implica esta y la calidad del agua. Por último, se hace mención y se describen las cubiertas del ingeniero Ildelfonso Sánchez y arquitectos como Amancio Williams, Félix Candela, Norman Foster, Ramón Vázquez Molezún y José Antonio Corrales en el ítem de los referentes arquitectónicos.

Los Capítulos III y IV contienen la metodología, y los resultados y discusión, respectivamente, donde en el primero se indica el método, alcance, tipo, diseño de la investigación, la población, muestra, y técnicas e instrumentos para la recolección de datos. En el segundo, el resultado del tratamiento como el análisis de la información, prueba de hipótesis y discusión de los resultados.

El Capítulo V contempla el proceso de diseño del modelo a escala de la cubierta urbana sustentable basado en el método creado por Fritz Zwicky y el escalamiento de Likert. El primero emplea una matriz morfológica que permitirá plasmar apuntes a 5 modelos; el segundo permitirá evaluados para obtener el modelo con la mejor calificación y llevar adelante su diseño y construcción.

El Capítulo VI trata el diagnóstico situacional para ver la realidad local del espacio público Abel Martínez en el distrito de Chilca y su entorno inmediato; así también, el desarrollo de la propuesta arquitectónica. Por último, se exponen las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mundo enfrenta graves problemas de estrés hídrico o también denominado escasez de agua; satisfacer la demanda urbana de agua dulce cada vez se vuelve más difícil y complejo en una población que aumenta exponencialmente y que, según proyecciones de expertos, podría llegar a 9,700 millones de habitantes para el 2050. Según Smedley (1), “se prevé que la demanda mundial de agua se incrementará en un 55% entre 2000 y 2050”; así también, en la base de datos de AQUASTAT de la FAO (2) se indica que las proporciones de extracciones de agua dulce son “aproximadamente de 69% agropecuario, 12% municipal y 19% industrial”; entonces, este recurso es el elemento más importante y valioso presente en todas las actividades del ser humano, debiéndose valorar y cuidar como tal; sin embargo no es así. Por ejemplo, al mirar la mayoría de nuestras urbanizaciones se advierte un rechazo a fuentes como el agua de la lluvia; los diseños de las infraestructuras en general se hicieron sin considerar el ciclo natural de las precipitaciones incrementando el nivel de escorrentía superficial e interrumpiendo la filtración natural debido al alto índice de impermeabilidad (3).

Latinoamérica siente los efectos de sus ciudades altamente impermeables, pues aparte de la contaminación evidente del recurso hídrico, ha ocasionado inundaciones en muchas ciudades, como Medellín, en Colombia, donde calles, espacios públicos y techos de las viviendas ocasionaron grandes niveles de escorrentía, afectando por una parte a miles de familias y, por otra, dejando de aprovechar este recurso (4).

En el Perú, el material predominante de las cubiertas de las viviendas, según el INEI (5), es de concreto, con un 42.8%, seguido de planchas de calamina, fibras de cemento o similares con un 39.2%; el resto, como madera, teja, paja, calamina y similares, suma el 18%. Todos estos materiales, por sus características, en cierta medida son buenos para proteger a la vivienda contra los fenómenos climáticos como la lluvia; sin embargo, en sus diseños no integran al recurso pluvial como un elemento valioso, conceptualizándolo erróneamente como algo negativo. En los últimos años, debido a la preocupación por la escasez de agua se ha iniciado un nuevo enfoque y se ve en las cubiertas una alternativa de poder aprovechar este recurso. Proyectos exitosos, mencionados por Anaya et al. (6), como el programa Sierra Azul del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, la siembra y cosecha de agua de lluvia, y los sistemas de captación de aguas de lluvia (SCALL), demuestran que se pueden realizar intervenciones que respeten y consideren a las aguas de lluvias como recurso valioso.

En la provincia de Huancayo, y específicamente en el parque Abel Martínez del distrito de Chilca (lugar de estudio), el problema no es ajeno, toda su infraestructura no está diseñada para aprovechar las aguas pluviales que generosamente ocurren durante todo el año; el recurso tomado por las áreas impermeables arrastra con él toda la contaminación producida por la propia ciudad, expulsándola hacia las alcantarillas, que ocasionan otros problemas como las inundaciones y sobrecarga de la capacidad de los sistemas de drenaje de la ciudad, que no serán parte del estudio pero es importante mencionarlos.

Las causas de la problemática se hacen visibles a partir de que la demanda de agua dulce viene siendo superada por la oferta hídrica, sumada a una carente cultura de ahorro de agua y conciencia ambiental. El agua es un recurso limitado que mantiene la vida y hace posible el desarrollo del ser humano, y en una sociedad que desperdicia las aguas de lluvia, como consecuencia se agotan sus fuentes de agua potable, lo cual es inconcebible en estos tiempos. Hacer un uso responsable que no comprometa la seguridad hídrica de las futuras generaciones, acompañado de una gestión adecuada del recurso, está todavía lejos de la realidad peruana, que aún utiliza agua potable para limpieza de las áreas impermeables, descarga de servicios higiénicos y riego de áreas verdes de sus espacios públicos.

Empezar a sumar ecotecnias o proyectos que contribuyan a cambiar esta realidad es imprescindible y urgente. En esta investigación, se desarrollará como aporte el estudio, diseño y construcción de un modelo a escala de la cubierta urbana sustentable, cuya función primordial será captar las aguas de las lluvias, junto a un diseño a nivel de propuesta arquitectónica para obtener una perspectiva general y mejor resultado.

1.1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿La cubierta urbana sustentable influye con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca?

1.1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿La cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca?
- ¿La calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y las del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca serán óptimas para riego de áreas verdes?
- ¿La versatilidad del diseño propuesto de cubierta urbana sustentable sería viable durante la temporada lluviosa y seca en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Planteados claramente los problemas específicos y el problema general, se plantea el objetivo de la investigación:

- Determinar cómo la cubierta urbana sustentable influye, con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes, en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Se plantean los siguientes objetivos específicos sobre la base de los temas complementarios, para que la investigación vaya en una sola dirección:

- Determinar cómo la cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.

- Comprobar si la calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y la del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca son óptimas para el riego de áreas verdes.
- Determinar cómo la versatilidad del diseño propuesto de cubierta urbana sustentable sería viable durante la temporada lluviosa y seca en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La investigación cuenta con una justificación teórica porque resume el aporte teórico de los autores más importantes que hacen referencia a las dos variables de estudio; asimismo, sigue esta línea de investigación, adicionando conocimiento mediante los resultados obtenidos en este estudio.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA, AMBIENTAL Y SOCIAL

Los espacios públicos exigen gastos de mantenimiento como el riego de áreas verdes y limpieza. Con base en ello, la investigación plantea aplicar un modelo a escala junto con una propuesta arquitectónica, que será el inicio para realizar proyectos sustentables que permitirán aprovechar los recursos pluviales que se traducen directamente en un ahorro económico y que, a largo plazo, puede justificar la inversión del proyecto una vez implementado.

La investigación plantea un nuevo enfoque que permitirá captar otras fuentes de agua como la de la lluvia, para aprovecharlas en el riego de áreas verdes del parque Abel Martínez de Chilca y no afectar a las reservas de agua potable de la población, contribuyendo a su conservación y desarrollo sostenible. Todo esto se fundamenta en la Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento N° 29338 (7), que en el título preliminar del artículo III, en el principio de prioridad en el acceso al agua, dice: “El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez”.

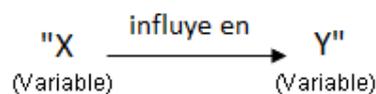
El proyecto es planteado como un hito de aprendizaje para promover una cultura de sensibilización hacia el recurso hídrico y la práctica del aprovechamiento de aguas pluviales, que podrían replicarse en el ámbito residencial, institucional y otros.

1.3.3. JUSTIFICACIÓN INVESTIGATIVA

Los resultados de la investigación darán pie a que se continúen los estudios en este campo; quizá se puedan estudiar otras variables que acá no se han considerado o en la aplicación de otros espacios de similar situación y condición.

1.4. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La hipótesis de la investigación es causal, ya que no solo define una relación entre dos variables, sino también un “sentido de entendimiento” que además establece una relación de causa y efecto, y es simbolizada de la siguiente forma (8 p. 110):



Se plantea la hipótesis general con el fin de probar si la investigación genera conocimientos válidos que demuestren la proposición.

1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La cubierta urbana sustentable influye favorablemente, con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes, en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.

1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce significativamente el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.
- La calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y la del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca son óptimas para el riego de áreas verdes.
- La versatilidad del diseño propuesto de cubierta urbana sustentable sería viable durante la temporada lluviosa y seca en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.

1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un alcance geográfico, definido por toda la superficie física del espacio público Abel Martínez en el distrito de Chilca.

En cuanto al alcance temporal, la experimentación se inició desde el 1 de diciembre de 2022 al 11 de enero de 2023 (42 días).

La investigación abarca únicamente hasta el nivel de modelo arquitectónico de referencia o propuesta arquitectónica apoyada de datos registrados por medio de la experimentación del modelo a escala de la cubierta urbana construida. Otros factores tocados a nivel de proyecto no serán desarrollados en esta investigación por razones de tiempo y financiación.

1.5.2. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Disposición completa del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca durante el tiempo de la experimentación, por ser un lugar de uso y acceso común que requeriría necesariamente una vigilia permanente de factores externos que podrían alterar la confiabilidad de los resultados.

1.6. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

1.6.1. VARIABLES

La investigación presenta dos variables

- Cubierta urbana sustentable, como la variable independiente o estímulo experimental (X).
- Uso de aguas pluviales, como la variable dependiente (Y).

1.6.2. DIMENSIONES E INDICADORES

Tabla 1.1. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEM	INSTRUMENTO
USO DE AGUAS PLUVIALES (Dependiente)	“Agua procedente de la atmósfera que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra.” (9 p. 1230).	Pluviometría de la zona	Cantidad de aguas pluviales desaprovechadas	Volumen captado	Pluviómetro artesanal
				Áreas impermeables	Planos del espacio público Abel Martínez
			Calidad del agua pluvial de la zona	Parámetros microbiológicos y parasitológico	Ensayo de laboratorio acreditado por INACAL
		Pluviometría histórica	Temporada lluviosa y seca	Temporada lluviosa	Tablas de registro de datos hidrometeorológicos de la estación Santa Ana
Temporada seca					
CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE (Independiente)	“Estructuras arquitectónicas que protegen a los usuarios de las condiciones climáticas en espacios exteriores [...] además de su función de protección climática, estos elementos pueden ser soporte para otras estrategias sustentables, como la recolección de aguas de lluvia [...]” (10 p. 172).	Modelo de cubierta urbana sustentable a escala	Cantidad de agua pluvial captada	Captación pluvial de modelo a escala	Modelo a escala y propuesta arquitectónica
				Captación pluvial de propuesta arquitectónica	
			Calidad de agua pluvial captada	Parámetros microbiológicos y parasitológico	Ensayo de laboratorio acreditado por INACAL
		Cubierta urbana sustentable	Versatilidad	Nivel de adaptabilidad a temporada lluviosa	Estudio de captación de aguas pluviales y tablas de cálculo
Nivel de adaptabilidad a temporada seca	Software de proyección de luz y sombras				

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Tobías y Hernández (2019), en su artículo “El techo escudo como captador pluvial en Ciudad de Juárez, México”, se plantearon el objetivo de comparar el comportamiento por separado de tres modelos experimentales con la captación pluvial. La metodología fue de diseño experimental, de tipo aplicado y enfoque cuantitativo; empezó tomando y analizando experimentos previos para darle soporte a la investigación en cuanto materiales, dimensiones y características; prosiguió con la construcción de tres modelos: (a) modelo testigo (MT) de concreto armado con recubrimiento de manto asfáltico con superficie de 1 m², (b) modelo con techo escudo (TE2), que prácticamente es igual al modelo testigo, con la diferencia de que añade una lámina galvanizada con pendiente de 2%; y (c) modelo de techo escudo con pendiente de 27% (TE15), que también añade una lámina galvanizada, pero con pendientes variables entre 10% y 27%; para luego someterlos a medición tanto de captación pluvial (donde los almacenadores de agua de lluvia fueron graduados litro por litro) como de temperatura (por medio de logger HOBO y termopares), y, por último, sintetizar los datos con una matriz comparativa de cada uno de los modelos. El resultado que obtuvo del total del mes de agosto (temporada de verano) fue que el modelo TE15 captó el 21.94% más de lluvia que el modelo TE2 y 31.03% más que el modelo MT. Así mismo, el pico más alto de captación pluvial fue el 15 de agosto con 29 mm captado por la microestación meteorológica, de los cuales el modelo MT15 captó 24.25 litros, el modelo TE2 captó 17.65 litros y el modelo MT

captó 19.67 litros. En cuanto a la medición de temperatura interior, el modelo MT obtuvo una temperatura mayor de 10°C en comparación con el modelo MT15 (11).

Marangoni (2017), en su tesis titulada *Avaliação de desempenho quali-quantitativa da captação de águas pluviais em planos verticais*, se planteó como objetivo cuantificar el volumen y verificar la calidad de agua de lluvia referente a diferentes eventos, aplicados a una pared con superficie de vidrio de 1.20 x 6.00 m (P1); una pared con superficie de hormigón y pintada con cal de la misma dimensión (P2); parte de un tejado de fibrocemento de 41.25 m² de superficie (P3) y, por último, un pluviómetro artesanal (P4). La metodología es de diseño experimental, inició con la obtención de datos pluviométricos de la estación meteorológica de la Universidad Estatal Paulista Julio De Mesquita Filho UNESP de los años 1955 al 2015 para su respectivo procesamiento; continuó con el análisis para determinar el mayor número de eventos o incidencias de vientos predominantes dentro de la universidad, y así encontrar la mejor ubicación para la instalación de las paredes verticales. En cuanto al tejado, tomó el ya existente del mismo edificio que emplea para las paredes y, por último, ubicó el pluviómetro artesanal cerca de la estación meteorológica de la UNESP. La instalación de los prototipos con sistemas de conducción (canaletas, tuberías y accesorios) y almacenamientos (serie de botellas y baldes) permitieron analizar 40 eventos en P1 y P2 (de los cuales solo tomaron un 47.5% en la pared de vidrio y 32.5% en la de hormigón pintada con cal), 24 en P3 y 25 en P4. Los resultados obtenidos permitieron verificar que la eficiencia media de la pared vidriada es de 16.21% y de la pared de hormigón pintada con cal es de 8.27%, que representan un 52% de pérdida por absorción de P2 respecto a P1; así también, demostraron que la calidad del agua tomada de P1 y P2 es superior con respecto a P3, y no necesita eliminación de primeras lluvias en la superficie vidriada, y en cuanto a la pared de hormigón pintada con cal exige una eliminación equivalente a 4 litros por cada m², mientras que para el tejado es de 5 litros por m², aunque si los eventos de lluvia son diarios podrán reducirse hasta en 1 litro por m² (12).

En el artículo científico de Avelar, Sánchez, Domínguez, Lobato y Mancilla (2019), titulado “Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano”, el objetivo fue elaborar el proyecto de sistema de captación de agua de lluvia y construirlo para validar su funcionamiento, con la meta de abastecer de agua para consumo humano y uso doméstico a 11 familias de la comunidad de Los Achotes, municipio de San Luis Acatlán, en el estado de Guerrero, México. Y con esto validar el prototipo desarrollado en el Laboratorio de Tecnologías Hídricas Innovadoras de la Universidad

Autónoma Chapingo. La metodología de la investigación es de tipo aplicada, comprende un diagnóstico de la zona de estudio para la selección de 11 viviendas; para calcular la precipitación neta se tomaron los datos de la estación climatológica 12173 Marquelia, las pérdidas representadas por el coeficiente de captación de 0.85 y el coeficiente de escurrimiento de 0.8 de la superficie de metal de los techos; se prosiguió con la construcción junto con todos los involucrados (familias beneficiadas con el aporte de mano de obra y la Universidad Autónoma de Chapingo como capacitador y proveedor de materiales), donde se tuvo en cuenta la altura de superficie de captación de cada vivienda, el área disponible y lugar adecuado. Para el funcionamiento del sistema construido se emplearon canaletas galvanizadas y tubería vertical que dirige el agua captada de la superficie a un filtro de arena que retiene los sólidos del agua de lluvia antes de llegar a la cisterna de ferro cemento de capacidad 11 m³; de ahí, por medio de una bomba hidráulica manual se dirige el agua hacia un tanque elevado, y luego se distribuye pasando por un filtro purificador certificado hacia un lavadero de granito para su utilización; luego el agua es expulsada hacia un pozo de absorción donde se filtrará hacia las capas de la superficie terrestre. Los resultados obtenidos permitieron lo siguiente:

- Determinar que la precipitación neta fue superior a 40 mm desde el mes de mayo hasta octubre, contando con un potencial de precipitación neta anual de 939.8 mm, estimando que la oferta anual de recolección es de 46.99 m³ por 50 m² de superficie de captación.
- Identificar que la superficie de captación disponible en todas las viviendas de la comunidad tiene un promedio de 50 m², los cuales no son suficientes para satisfacer la demanda de agua que se requiere, pero contribuye a una importante reducción en el gasto familiar.
- Evidenciar el impacto generado en la calidad de vida de las familias por el acceso a agua, reflejándose en el promedio de ahorro económico de 220 pesos mexicanos mensuales, ahorro de tiempo y comodidad por la disposición directa del recurso para actividades domésticas como el lavado de ropa y utensilios (13).

Ortiz y Velandia (2017), en el trabajo de grado titulado *Propuesta para la captación y uso de agua de lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua*, se plantearon como objetivo analizar a partir de la construcción de un modelo físico el agua captada en el edificio R sede del claustro de la Universidad Católica de Colombia para recolección y distribución de agua de lluvia. La

metodología consistió en la construcción de un modelo físico instalado a cielo abierto en la zona peatonal del bloque R, compuesto por un toldo de polietileno como cobertura, sostenido por una estructura de acero con un área de captación de 6 m², que luego conducirá el agua de lluvia a una caja de vidrio como filtro con las siguientes capas: en la parte superior antracita, luego arena de Ottawa, grava, capa geotextil por su lado permeable y un falso fondo de canastilla de AquaCell que sirve de retenedor de sedimentos; conectado a un tanque de almacenamiento con capacidad de 55 L. Seguidamente, se prosiguió con el registro de datos meteorológicos para determinar dos factores: la cantidad y calidad de agua recolectada; el primero, para establecer las proyecciones sobre el área total del bloque R, y el segundo para determinar la calidad de agua de lluvia antes y después de pasar por el sistema. Los resultados fueron los siguientes:

- El modelo físico recolectó un volumen total de 0.34 m³ de agua de lluvia en 12 eventos que ocurrieron durante los 30 días de prueba, donde se obtuvo solo un evento que superó la capacidad del tanque de almacenamiento de 55 litros a 82 litros.
- Las características físicas y químicas del agua de lluvia mejoran al pasar por el modelo físico. [no se encontraron los reportes de laboratorio]
- Los investigadores determinaron teóricamente una demanda mensual de 78 m³ en los 5 pisos del bloque R.
- La oferta proyectada sobre la superficie de 218.7 m² del bloque R fue de un volumen captado de 12.3 m³.
- La demanda mensual del bloque R (78 m³) es superior a la oferta mensual proyectada (12.3 m³), que solo cubre un 15.78% de la demanda total (14).

La tesis de Ramírez (2020), titulada *Efecto del sistema techo verde-tanque de almacenamiento en el pico de escorrentía en un sector del barrio Manga, en Cartagena de Indias*, tuvo como objetivo determinar la amortiguación de los picos de escorrentía producidos en el sector del barrio Manga de la ciudad de Cartagena, mediante la implementación de un sistema de techo verde - tanque de almacenamiento. La metodología es de diseño experimental, consistió en la construcción de un techo verde de 6 m² sobre un techo de concreto plano con inclinación de 2% (ubicado dentro de la Universidad de Cartagena), conformado por distintas capas (una capa superior de vegetación de plantas nativas, una capa de sustrato con espesor de 25 cm, una capa geotextil filtrante, capa de drenaje perforada de PVC, y una capa de manto asfáltico sobre la superficie de concreto para impermeabilizarla). Para dirigir el agua no retenida por el techo verde, se conectó una tubería

de PVC hacia un pluviómetro para poder medir la precipitación y luego ser dirigida a un tanque de almacenamiento de capacidad de 120 litros. Así también, para tomar las mediciones sobre el agua retenida se utilizaron los datos registrados por un segundo pluviómetro. Las mediciones fueron entre el periodo de 16 de setiembre y el 15 de noviembre de 2019 con un registro de 21 eventos. Los resultados fueron los siguientes:

- De los 21 eventos registrados, la mayor precipitación fue de 48.3 mm en un tiempo de 5 horas.
- El techo verde logró retener porcentajes superiores al 50% de precipitación en todos los eventos registrados; además, el porcentaje de retención disminuye por la humedad acumulada en eventos de precipitaciones continuas.
- Para eventos menores de 13 mm de precipitación, el modelo experimental techo verde retuvo el 100% de la precipitación y para precipitaciones superiores a 13 mm obtuvo una retención de entre 51% y 98% (15).

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

En la tesis de Jiménez (2020) titulada *Diseño e instalación de un sistema captador de lluvia para la mejora en el abastecimiento de agua de consumo humano, Iparía – Ucayali*, el objetivo fue diseñar e instalar un sistema captador de lluvia aprovechando parte del área de los techos disponibles de las 14 viviendas para mejorar el abastecimiento de agua de consumo humano. El estudio utiliza una metodología de diseño experimental, con un alcance exploratorio y descriptivo que comprendió en la recopilación de información por medio de encuestas; formato de inspección; formato de monitoreo y registro de datos del SENAMHI de la estación meteorológica Puerto Inca, y así respectivamente elaboró un diagnóstico situacional del lugar; obtención de dimensiones de los techos de las viviendas; demanda de consumo de agua de las familias y determinación de la precipitación del año 2006 al 2015; luego continuó con la instalación de los 14 sistemas de captación de lluvia y, por último, por medio de una ficha de monitoreo de los sistemas captadores evalúa el nivel de adopción. Finalmente concluyó con lo siguiente:

- La demanda de agua diaria por persona en la comunidad es de 26 litros; así también, el promedio de agua de lluvia es de 2350.04 mm por año y 199.69 mm al mes, según base de datos de la estación meteorológica Puerto Inca.

- El prototipo diseñado e instalado tiene una superficie de captación pluvial adaptada de lona de PVC (KP600) y aprovechable de 20 m² de área, con un cálculo de almacenamiento de 5.58 m³ [...]
- De los 14 sistemas de captación pluvial, según el autor, 12 se siguen usando, es decir que el 86% acepta su adopción [...] (16).

Ruiz (2019), en su tesis titulada *Aprovechamiento hídrico y sistema de captación de agua pluvial en techos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes – Huancayo*, se planteó como objetivo establecer la relación entre las variables mencionadas. La investigación tiene una metodología de diseño no experimental, de alcance descriptivo-correlacional y corte transversal. La recolección de datos fue por medio de solicitudes a las oficinas de Diseño y Construcción y Coordinación de Asuntos Administrativos de la Universidad Peruana Los Andes. La primera, para la obtener planos de las dimensiones de los techos (con cubierta y de losa de concreto); y la segunda, para la cantidad de alumnos, docentes y personal administrativo, así como también una solicitud dirigida al Senamhi para conseguir los datos pluviométricos históricos de un periodo de 10 años de la estación meteorológica Santa Ana. A través de un análisis estadístico se determinó la oferta, demanda, cálculo de volumen de almacenamiento, abastecimiento, aprovechamiento hídrico y captación total. Por último, concluyó que:

- Entre las variables aprovechamiento hídrico y sistema de captación pluvial existe “relación directa muy alta”, estableciendo que la primera variable está en función de la segunda en un 88%; además, para la demanda de riego de áreas verdes, limpieza y descarga de inodoros presenta un abastecimiento promedio del 54%, satisfaciendo en su totalidad e incluso superándola en los meses de enero, febrero y marzo.
- Para el almacenamiento pluvial de una superficie de captación de 3316.94 m² se determinó que se tenga una capacidad de 300 m³ distribuidos en dos tanques de 120 y 180 m³ (17).

En la tesis titulada *Determinación del sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave, 2016*, Atencio (2017) se planteó como objetivo determinar el sistema de captación de lluvia mencionado. El estudio tiene una metodología de diseño no experimental y alcance descriptivo. Inició con la recolección de datos de las precipitaciones de la estación meteorológica de Ilave entre los años 2000 y 2014 para calcular la precipitación media mensual; continuó con trabajo en campo para tomar las medidas e identificar características de la superficie de la vivienda rural

tipo; con los datos obtenidos hasta este punto, prosiguió con el cálculo de la oferta y demanda por medio de tablas y ecuaciones. Los resultados fueron los siguientes:

- El diagnóstico identificó que esa tipología de vivienda rural empleaba cubiertas con material de calamina galvanizada.
- Determinó que la demanda acumulada anual es de 96.36 m³ y la oferta acumulada anual es de 82.98 m³, cubriendo un 86.11% de la demanda anual.
- Para el diseño, acopló a la cubierta existente y canaletas solamente tuberías verticales, interceptor de primeras lluvias y tanque de almacenamiento. Y para la distribución hacia el abrevadero para los animales propuso aprovechar la diferencia de alturas (18).

En la tesis de Morales (2021), titulada *Validación técnica y económica de un sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia diseñado para su uso masificado en comunidades nativas distrito Nieva, provincia Condorcanqui, Amazonas*, el objetivo fue validar técnica y económicamente el sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia destinado al consumo humano. La metodología, de diseño experimental, consistió en la instalación de 4 prototipos y 4 pluviómetros en el área de estudio comprendido entre las comunidades nativas de Tunants y Yahuahua en la selva del Perú. La validación técnica se realizó mediante el análisis de la calidad del agua (en la entrada y salida del prototipo), y se determinó la cantidad de agua cosechada (oferta) y la demanda mensual de agua. La validación económica se efectuó por medio de indicadores económicos. Los resultados fueron los siguientes:

- Se muestra una variación considerable en los datos de las precipitaciones anuales tomadas en los 4 pluviómetros con un máximo de 2032.1 mm y un mínimo de 987.64 mm, mientras que en el Senamhi las precipitaciones fueron entre 1376.4 mm y 2227.8 mm en el distrito de Nieva.
- El promedio de personas que utilizan el agua es de 6 por familia, logrando abastecer un total de 195 litros/día, es decir, cada uno con 32.5 litros/día.
- Los parámetros fisicoquímicos se encontraron dentro de los límites de calidad, al igual que los parámetros microbiológicos.
- La inversión inicial fue de 2600 soles con un mantenimiento anual de 70 soles y un beneficio costo de 2.64 soles (19).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CUBIERTA, COBERTURA Y CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE

La cubierta constituye el cierre superior de un edificio, pero en realidad se aplica la denominación de CUBIERTA solo al conjunto de elementos estructurales que sirven de sostén a la COBERTURA o serie de materiales que definen al cerramiento y aislamiento del exterior [...], así también, en un principio se denominó TEJADO a las cubiertas con coberturas de tejas, en la actualidad se denomina TEJADO a toda cubierta definida por planos inclinados o FALDONES. (20 p. 197)

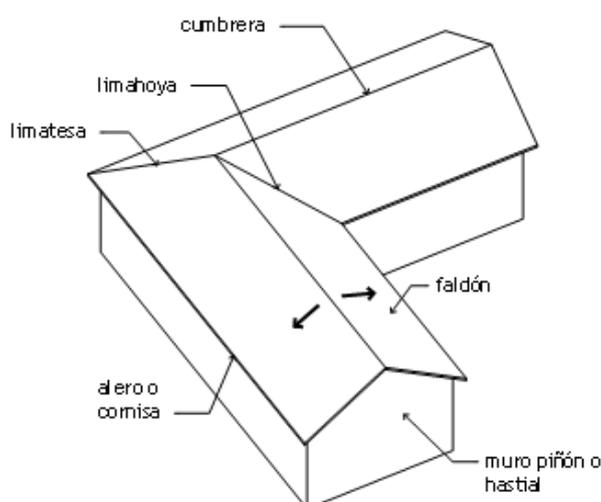
Estos elementos estructurales o armaduras de soporte y de resistencia a flexión pueden ser de materiales como la madera, el acero, hormigón armado, entre otros; así mismo, todas sus partes constituyen el esqueleto de la cubierta (21).

En cuanto a las cubiertas con coberturas de tejas y su composición por su forma y número de faldones, se identifican los siguientes tipos de techos como cubiertas de protección y aislamiento: [Cabe destacar que, si bien el pintor Josué Sánchez hace referencia solo a las coberturas de tejas, necesariamente estas formas de cerramiento pueden incluir otros materiales más contemporáneos].

- De tejas, de dos caídas o a dos aguas.
- De tejas, de dos caídas que en el frontis llevan una mansarda o “mojinete”.
- De cuatro caídas o cuatro aguas en forma piramidal. Se denomina comúnmente “naranjada”.
- De una sola caída o a media agua.
- De tres caídas o a tres aguas. Denominada también “media naranjada”.
- “Monitor simple” o techo de tejas de una caída en un segundo piso.
- “Monitor doble” o techo de tejas a dos aguas en un segundo piso (22 p. 213).

También, el encuentro entre faldones generan las “limas” pudiendo estas ser “limatesas” cuando el encuentro de las dos superficies genera un ángulo diedro superior a los 180° vista desde el exterior; ahora, si está sobre la coronación de la cobertura se denominará “cumbreira”; mientras que si el ángulo diedro exterior es menor a los 180° se denominará “limahoya”; ahora bien, la parte inferior de los faldones marcarán las líneas de “cornisa o alero” y la parte superior del muro que sigue la inclinación de los faldones serán los “muros piñones o hastiales” (20).

Figura 2.1. Cobertura típica



Elementos de la cobertura que se dan por el encuentro de sus faldones dibujado con base en la descripción de Cassinello (20 p. 197).

Generalmente, la estructura de soporte y la cobertura son complementarias; así, juntas constituyen un mismo elemento “la cubierta”; sin embargo, para motivos de estudios de sus partes en algunos casos de la investigación se tendrá la necesidad de separarlas o, por lo contrario, unir las.

Por su parte, Alegre et al. señalaron que el cerramiento con la pendiente adecuada permite la evacuación en un tiempo prudente de las lluvias y otros fenómenos atmosféricos; así, cumpliendo la función de proteger el espacio interior de filtraciones es necesario que la cubierta arquitectónica ofrezca la adecuada impermeabilidad (21).

Novak et al. explicaron que las cubiertas, aparte de la función de protección de las inclemencias climáticas, podrían presentar otro enfoque: poder ayudar a recolectar y aprovechar las precipitaciones pluviales (23).

Por último, según el Manual de elementos urbanos sustentables, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) de Chile, la cubierta urbana sustentable son “estructuras arquitectónicas que protegen a los usuarios de las condiciones climáticas en espacios exteriores [...] además de su función de protección climática, estos elementos pueden ser soporte para otras estrategias sustentables, como la recolección de aguas lluvia” (10 p. 172). Esta definición se ajusta a esta investigación por su carácter y valor añadido de sustentabilidad.

Así mismo, es importante considerar las dimensiones de la sustentabilidad estructuradas en el Manual de elementos urbanos sustentables del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) de Chile:

- Dimensión ambiental: requiere que el desarrollo sea compatible con el mantenimiento de los procesos ecológicos, la biodiversidad biológica y el manejo de recursos naturales.
- Dimensión social: requiere fundamentalmente de la equidad [...] También es clave la promoción y el fortalecimiento de la identidad de las comunidades, lograr el equilibrio demográfico y la erradicación de la pobreza.
- Dimensión económica: requiere de un desarrollo económicamente eficiente y equitativo, dando importancia al uso eficiente del recurso, en un escenario donde estos son limitados (24 p. 24).

2.2.2. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS MATERIALES

Cassinello explicó que el comportamiento estructural en los materiales se da de acuerdo con los esfuerzos que se contienen en cada uno de ellos: materiales como la piedra, el hormigón [en su estado bruto] y el ladrillo son muy resistentes a la compresión; por lo tanto, son denominados *frangibles*; o materiales como perfiles de acero y la madera, cuya mayor virtud es la resistencia a esfuerzos de tracción, por lo que son *tenaces*; y los *formáceos*, cuya cualidad es la de adecuo-resistente, adaptable a muchas formas como el hormigón armado, los plásticos y otros análogos (20).

2.2.3. CUBIERTAS DE MATERIALES FÁBRICA

2.2.3.1. MATERIAL FÁBRICA

La fábrica está referida a toda construcción hecha de piedra o ladrillo que asegura su estabilidad gracias a que trabaja puramente a compresión; su resistencia a tracción es muy baja, por lo que los maestros y arquitectos de la antigüedad no la consideraban en sus construcciones; el propio peso y sus amplias superficies le permiten ganar esfuerzos de rozamiento elevado, los cuales impiden cualquier tipo de deslizamiento, aunque generalmente se emplea mortero entre las juntas para asegurar las uniones (25).

2.2.3.2. LA PIEDRA Y EL LADRILLO

La piedra es un material natural que se caracteriza principalmente por su gran MASA, su forma, color y textura que la diferencia de entre otras formaciones pétreas, y de acuerdo con

el tratamiento, maestros de obra y artistas pueden dejar impregnados ciertos rasgos distintivos. Por otro lado, el ladrillo, como material artificial que puede ser fabricado a partir de arcilla compactada artesanalmente y secada por la exposición al sol o sometida a temperaturas altas mediante su cocido en hornos, presenta un carácter más social y no muestra grandes diferencias sobresalientes entre ellos. Se prefería el empleo de piedras en los edificios importantes en la antigüedad, al igual que los ladrillos cocidos; para las otras edificaciones se empleaban los ladrillos crudos (20) (25).

2.2.3.3. LA BÓVEDA

Las primeras bóvedas, o también denominadas falsa bóveda, fueron construidas a partir del encuentro escalonado de piezas de piedra horizontales, cada una apoyada en una anterior, ganando un volado progresivo hasta llegar a cerrar el espacio en su parte superior (21). Esta estructura posteriormente llegó a desarrollarse y ser más sofisticada.

La bóveda es una “estructura arqueada de piedra, ladrillo [...] que forma el techo o la cubierta de una habitación o de otro espacio parcial o totalmente cerrado” (26 p. 28).

Ahora bien, la cubierta abovedada, que permite el cierre superior de corredores entre muros o pilares, se genera al prolongarse un arco; este arco generatriz al extenderse y seguir una línea directriz recta forma la bóveda de cañón. Sin embargo, si la línea directriz sigue un corredor curvo se forma una bóveda denominada tórica, y de acuerdo con el tipo de arco generatriz puede ser: bóveda apuntada, de medio punto, rebajada o rampante (21) (27).

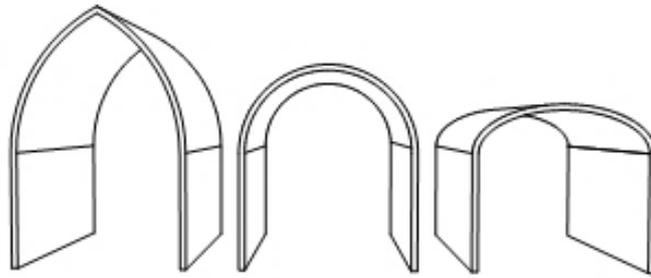
Figura 2.2. Bóveda de cañón y bóveda tórica



Tipo de bóveda por el recorrido que sigue su línea directriz. Adaptada de Ferri et al. (27).

Su estructura está contemplada por un conjunto de arcos, donde internamente comparten y distribuyen las cargas pesadas por todo un único elemento, y por su forma ayuda a contrarrestar los esfuerzos de flexión en su eje longitudinal (28).

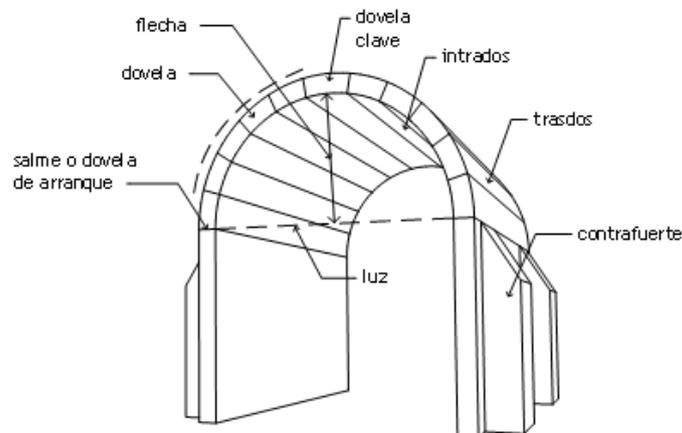
Figura 2.3. Bóveda apuntada, de medio punto y rebajada



Tipos de bóveda por su forma de arco generatriz. Adaptada de Ferri et al. (27).

El elemento más común encontrado en la bóveda está referido a las “dovelas” [piezas generalmente de fábrica], los cuales juntas o en forma de cuña estructurarán y definirán el arco generatriz que luego seguirá su línea directriz. Estos sillares, dependiendo de su posición, tendrán diferentes denominaciones. La clave, por ejemplo, es la última dovela cuya posición es la del centro, que permite cerrar y completar la bóveda; el salmer o dovela de arranque, cuya posición es la, valga la redundancia, línea de arranque, donde comienzan a apilarse y sostenerse las siguientes piezas denominadas el riñón, dovelas posicionadas entre la dovela de arranque y la clave. Todas estas dovelas transmitirán su peso a los pilares o muros que servirán de apoyo y dependiendo del espesor de estos últimos, por lo general, se requerirán de contrafuertes o estribos que, en algunos casos, sobrecargados y aprovechando su peso junto con el de los pináculos ayudan a reducir y reorientar las fuerzas horizontales de empuje de la cubierta hacia unas más verticales. Además, la luz es la distancia de la cubierta abovedada medida entre los apoyos paralelos desde sus caras internas, y la flecha es la medida obtenida desde la línea de arranque a la dovela central (21) (25).

Figura 2.4. La bóveda



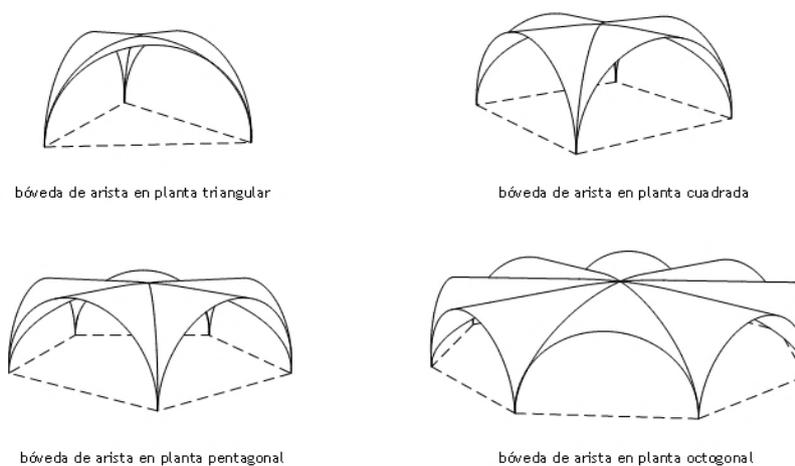
Partes de una bóveda de cañón típica, complementando con otras denominaciones no incluidas en el anterior párrafo. Adaptada de Ferri et al. (27).

La técnica sofisticada y el perfeccionamiento de la bóveda llevaron a desarrollar cubiertas más complejas como las siguientes:

- La bóveda de arista, formada a partir de la intersección perpendicular entre dos bóvedas de cañón con misma sección transversal [que puede ser medio punto, apuntalada o rebajada], formando así “cuatro claras aristas”.
- Otro tipo de cubierta compleja es la bóveda de crucería, o también conocida como bóveda nervada, y es la presencia de nervios estructurales en vez de las aristas que le dan tal denominación. Los espacios entre los nervios de soporte son cubiertos por dovelas o plementerías, las cuales transmitirán su peso y cumplirán solamente la función de cerramiento. Además, al cruzar y adicionar un nervio transversal [generando seis plementos], la bóveda de crucería será denominada “sexpartita”; así también, la presencia de nervios secundarios darán una “bóveda estrellada”; y cuando una serie de nervios se abren desde los soportes formaran una “bóveda de abanico” (21) (27).

Dependiendo de la cantidad de aristas generadas por la intersección de bóvedas simples se generarán cubiertas de distintas plantas; por ejemplo, una bóveda de tres aristas plasmará tres apoyos proyectando una planta triangular, una de cuatro aristas logrará una planta cuadrada, y así sucesivamente, logrando bóvedas de planta pentagonal y también octogonal. Las bóvedas de planta cuadrada por lo general fueron hechas de material de fábrica, y las otras mencionadas fueron experimentadas en hormigón armado aproximadamente a mediados del siglo 20 (27).

Figura 2.5. Bóvedas de arista



Tipo de planta generada en relación con el número de aristas y apoyos de las bóvedas de arista.

Adaptada de Ferri et al. (27).

2.2.3.4. LA CÚPULA

“Las cúpulas son, en general, superficies de revolución engendradas por el giro de un arco directriz, alrededor de un eje que lo corta” (20 p. 238).

La cúpula es otro de los elementos más simples y mejor logrados del arte arquitectónico clásico. Es la solución más natural, más sencilla y, a la par, la más cargada de sentido técnico para cubrir un área sin soportes intermedios con el mínimo material. (28 p. 113)

En cuanto a la diferencia de una cúpula respecto de un arco, Ferri et al. (27) explicaron que es necesario el cierre de un arco por medio de la dovela clave para lograr su correcto funcionamiento, impidiendo su desmoronamiento después del retiro de la cimbra; la cúpula, en cambio, se permite estabilizar por su comportamiento de doble curvatura sin un posible desmoronamiento en las partes superiores, donde los “anillos paralelos” superiores bloquean el fallo de los “arcos meridianos” y permiten su construcción sin el apoyo auxiliar de una cimbra. Además, se hace posible instalar sobre la clave de la cúpula una linterna para que la cubierta pueda ganar mayor altura. Así también, Alegre, Perla y López (21) hicieron notar la diferencia con la bóveda en la trasmisión de esfuerzos, donde sus empujes están dados solo hacia los soportes paralelos; en cambio, en una cúpula los empujes se dan por igual en todo el perímetro de la planta, ya sean estas de forma “circular, cuadrada, octogonal o elíptica”.

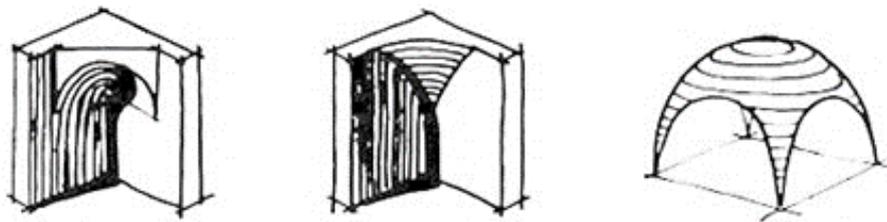
Torroja explica su comportamiento y dice: La forma dovelada según los meridianos y paralelos, responde perfectamente a su fenómeno tensional. Las compresiones meridianas cruzan normalmente las juntas entre hiladas, y la traba entre sillares asegura los paralelos, en los que las compresiones son mucho menores o se convierten en ligeras tracciones, así también [...] la cúpula puede imaginarse trabajando fundamentalmente como unos gajos o arcos meridianos cuya flexión está impedida por los anillos o paralelos horizontales. En zonas en que los gajos quieren hundirse hacia adentro, los paralelos se lo impiden trabajando en compresión; y en donde los gajos quieren abrirse, el paralelo ha de evitarlo resistiendo en tracción (28 pp. 114-115).

Así, los empujes que se generan en el perímetro inferior circular de la cúpula por su gran peso debido al material pétreo requieren o de zunchos de alta resistencia a tracción o, por el contrario, de contrafuertes que contrarresten estas fuerzas. Otro problema era la solución del encuentro entre el “perímetro circular” de la bóveda hacia una planta “cuadrada u octogonal”.

“Para resolver la transición de un espacio de planta cuadrada a la base circular de la cúpula se utilizaron dos elementos, las *trompas* [...] y las *pechinas*” (28) (21).

- Las trompas: sobre la planta cuadrada se alza un tambor octogonal que le dará mayor presencia y que servirá a la vez de apoyo a la cúpula; al superponer el octágono sobre el cuadrado se crean cuatro lados libres que por medio del arco en rincón transmitirán sus esfuerzos a la planta cuadrangular y cuatro espacios triangulares que serán cubiertas por las “trompas”, elementos abovedados cuya función será de cerramiento.
- Las pechinas: en esta solución no es necesario el empleo de tambores octogonales, el encuentro del perímetro circular de la cúpula con la del espacio de planta cuadrada se logra por medio de “triángulos esféricos” o también conocidos como “pechinas”, que transmitirán el peso de la bóveda; para este caso, por medio de cuatro arcos, logrando a la vez cuatro puntos de apoyos.
- Al prolongar la curvatura de las pechinas se logra una bóveda simple denominada bóveda vaída, y debido a que es suprimido el remate de una cúpula, su altura se ve reducida (27).

Figura 2.6. Trompa, pechina y bóveda vaída



Soluciones para el encuentro y transmisión de cargas de la cubierta abovedada a un soporte de planta cuadrada. Tomada de Torroja (28 p. 172).

2.2.4. CUBIERTAS DE MADERA

2.2.4.1. LA MADERA

La madera estuvo siempre en la vida del hombre acompañándolo en toda actividad; por ejemplo, como herramienta de defensa y ataque; la estructura y soporte de las viviendas primigenias con el uso de ramas y hojas; en el invento de la rueda junto con el primer vehículo, entre otros. La madera es un organismo vivo que proviene de la naturaleza, y, por tanto, retornará a ella (20).

La madera es un material que mantiene esa vitalidad aun de muerta; generalmente se emplea en piezas lineales alargadas y de superficies. Está constituida por fibras unidas por resinas naturales, de nudos y colores muy variados, y al igual que las huellas en los dedos, no existen dos piezas iguales; su comportamiento estructural la define como un material tenaz por su resistencia a tracción en el sentido longitudinal de sus fibras, y su resistencia a los esfuerzos de compresión y flexión la convierte en un material anisótropo. Ahora bien, al someterla a esfuerzos en sentido normal de sus fibras ofrece resultados inferiores a las del sentido longitudinal (20) (28).

Adicionalmente, en cuanto al comportamiento respecto a la resistencia de sus fibras, Casinello explicó lo siguiente:

- Las piezas de madera al ser sometidas a esfuerzos de tracción tienden a estirarse en su sentido longitudinal de las fibras acompañadas de una reducción en la sección transversal hasta llegar al fallo con la rotura que se presenta en forma de astillas.
- Las piezas de madera al ser sometidas a esfuerzos de compresión tienden a encogerse o reducirse en el sentido longitudinal de las fibras, acompañadas de un ensanchamiento en la sección transversal hasta llegar al fallo por rotura ocasionando pequeñas fisuras y desprendimientos entre fibras longitudinales.
- Las piezas de madera sometidas a esfuerzos en el sentido normal de las fibras producen un cambio de forma siguiendo la dirección del esfuerzo axial: en tracción normal, por ejemplo, se presenta un desgarramiento y en compresión un aplastamiento.
- En las piezas de madera sometida a flexión se presentan dos esfuerzos: compresión en la cara superior acortando las fibras y estiramiento en la cara inferior alargando las fibras hasta llegar a la rotura.
- En las piezas de madera donde el esfuerzo cortante es aplicado en el mismo sentido longitudinal de las fibras, se presentan desgarramientos paralelos a la dirección de estas fuerzas (20).

Ahora, Torroja indicó que cuando las piezas de madera son sometidas a esfuerzos prolongados normales a las fibras longitudinales, estas mantendrán la deformación de forma permanente (28).

En cuanto a la debilidad al solape y enlaces por chapas metálicas Torroja explica:

[...] el enlace por solape es siempre un punto débil, por la facilidad que ofrece de rotura por desgarramiento y deslizamiento de la madera paralelamente a sus fibras; y

análogamente, los enlaces por chapas metálicas laterales y pasadores, aparte de resultar costosos, presentan debilidades parecidas por la concentración de tensiones que producen los pasadores sobre la madera en cuanto las mermas de estas se aflojan el rozamiento entre las chapas y las piezas ensambladas. (28 pp. 54-55)

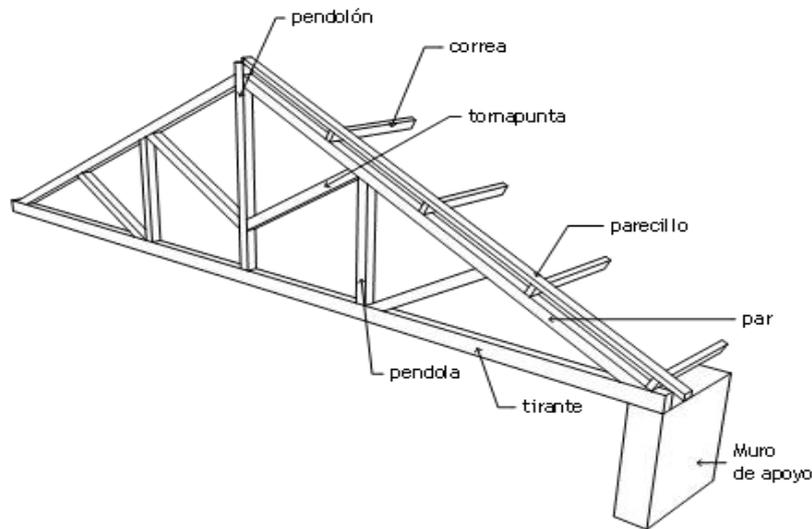
2.2.4.2. PROPIEDADES DE LA MADERA

La madera, aparte de ser un material muy resistente, cuenta con otras propiedades tales como las siguientes:

- La ligereza de la madera está dada por su bajo peso específico [aproximadamente de 1.53 y 1.56 gr/cm³], la medida es proporcional al porcentaje de agua contenida en el material, con la ventaja de ser transportada de forma sencilla a las obras.
- La dureza de la madera está dada por la resistencia que ofrece al corte o pulido, que dependerá del nivel de unión que tienen sus fibras y la capa del tronco, siendo siempre el duramen más resistente que la albura. Así mismo, las especies de maderas como el “ébano, boj, encina” serán de tipo durísimas; en el nivel de duras y semiduras están el cerezo, arce, olmo, roble, haya, nogal, castaño, peral, plátano; y entre las blandas y semiblandas se encuentran el abeto, aliso, pino, chopo, cauce y balsa.
- La hendibilidad se presenta mayormente en especies de madera cuya estructura solamente está dada por fibras longitudinales sin la presencia de nudos.
- La flexibilidad está dada por la tendencia a curvarse o flexionarse en el sentido longitudinal de la madera, y dependerá del nivel de humedad y calor que contenga o se le aplique; las maderas secas, por ejemplo, son menos flexibles.
- El aislamiento húmico está dado por la capacidad de retención o absorción de humedad que tiene la madera y, dependiendo del porcentaje contenido, puede alterar su forma o en caso extremo destruirla. Esta alterabilidad puede reducirse con el empleo de tratamientos industriales por medio de la protección superficial con pinturas, lacas, barnices y otros análogos; así también, si es expuesta a condiciones constantes de humedad ganarán fortaleza y podrán preservarse durante muchos años, como es el caso de los soportes de las construcciones de la ciudad de Venecia.
- La nobleza está dada por su apariencia, reflejada en el olor, color, textura y tacto en la madera; también, por las propiedades que establecerán sus diferentes formas de aplicación y trabajabilidad; y, por último, por su historia (20).

2.2.4.4. LAS CERCHAS O TIJERALES

Figura 2.7. La cercha



Elementos básicos de una cercha típica. Adaptada de Ferri et al. (27).

La cercha [...] es un elemento estructural plano triangulado, que permite salvar grandes luces [...] se organizan, generalmente, mediante triangulaciones de nudos articulados, con el objeto de que los esfuerzos que actúan sobre las barras sean de tracción o compresión axial, sin que aparezcan esfuerzos transversales secundarios (20 pp. 205-206).

Los elementos de las cerchas son:

- Par. Elemento inclinado que forma la pendiente del tejado y que trabaja principalmente a flexión [...].
- Tirante. Viga horizontal que une los extremos inferiores de los pares y que trabaja principalmente a tracción [...].
- Pendolón. Elemento vertical cuya función es la de unir los pares con el tirante. Este elemento trabaja a tracción, y tiene la función de facilitar la unión entre los pares y soportar el apoyo de las tornapuntas.
- Tornapuntas. Elementos inclinados unidos al pendolón y los pares. Su función es la de acortar la luz de flexión de los pares, y trabaja principalmente a compresión [...] (29 p. 250).

Entre las soluciones de cubiertas más empleadas de faldón estructural están las siguientes:

- La cubierta a la molinera está constituida únicamente de correas que pueden estar apoyadas directamente en los hastiales o sobre vigas durmientes que siguen la inclinación, y estas pueden estar cajeadas, con apoyo en ejiones o codales para así impedir su deslizamiento debido a su necesaria inclinación. Este tipo de solución permite ganar grandes longitudes en el sentido de la inclinación, pero, en cambio, la luz ganada entre muros piñones es reducida.
- La cubierta de par y picadero está constituida por parecillos (debido a su reducida dimensión transversal con respecto a los pares) que siguen el sentido de la inclinación de la cubierta. estas son colocadas entre reducidas separaciones soportadas entre vigas durmientes cajeadas que se denominarán picaderos.
- La cubierta de par e hilera está constituida por pares que empujan y sustentan en la parte superior a la hilera; a su vez, requiere, debido a sus esfuerzos inferiores que tienden a abrir la estructura, ser contrarrestada con los tirantes. Es considerada también como la “cercha más elemental” de dos pares y un tirante.
- La cubierta de puentes o imperiales es una cubierta de par e hilera, donde el tirante peraltado está ubicado generalmente en punto medio de los pares (20).

Siguiendo estas soluciones de cubiertas de faldón estructural, Alegre et al. explicaron estos otros tipos:

[...] cuando se coloca una viga horizontal a un tercio de la altura del triángulo se tiene una cercha de *par y nudillo* [...] que sustituye la hilera y que refuerza los pares impidiendo su pandeo por flexión [...] si se colocan dos faldones más en los lados menores de la techumbre, dándole una forma de artesa invertida, la armadura se denomina *de artesa o de limas*, ya que la intersección de estos cuatro paños inclinados se realiza por medio de unas vigas llamadas limas [...]. Cuando solo hay una lima por arista la estructura recibe el nombre de *lima bordón* y si tiene dos, *lima moamares* [...] (21 p. 112).

2.2.4.5. CUBIERTAS ABOVEDADAS DE MADERA

- Las CERCHAS DE L´ORME se construyen formando arcos con tablas recortadas y clavadas. Estas tablas de 1.50 a 2.00 m. de longitud se cortan en forma de CAMONES, y se clavan por tabla, contrapeándose sus juntas. Estos arcos permiten construir cerchas de intradós curvo y trasdós

apuntalado, o bien definiendo verdaderas bóvedas [...] se atan los arcos sucesivos mediante las TELERAS, cuyas cuñas comprimen las tablas a la vez que definen el atado longitudinal de la bóveda.

- Las CERCHAS DE EMY [...] inicialmente definidas por tablas acopladas por superposición, consiguiéndose la curvatura doblándolas, gracias a la flexibilidad de las mismas, y conservándose la forma gracias al empleo de BRIDAS O PASADORES. Actualmente, los sistemas de prensado y encolado permiten conseguir arcos de gran luz [...] sin necesidad de emplear bridas o pasadores [...].
- En los ARCOS LACASSE se adopta una solución análoga a las CERCHAS EMY, pero en vez de tablas acopladas por tablas, se emplean tablonos ensamblados con redientes y fijados con BRIDAS O PASADORES.
- Las ARMADURAS STEPHAN son arcos en celosía, cuyos CORDONES están encolados por tabla con la celosía triangulada intermedia (20 p. 219).

2.2.4.6. CUBIERTAS CUPULARES DE MADERA

- La cúpula cónica es la más sencilla y formal por su constitución basada en perfiles lineales de madera, definida por una serie de pares que rodean un perímetro poligonal; estos pares en la parte superior donde todos se encuentran generan esfuerzo de compresión y en la parte inferior donde se alejan, la presencia de un zuncho impide que los pares se abran absorbiendo tracciones.
- Su constitución en las cúpulas esféricas está basada en el empleo de arcos meridianos, cuyos esfuerzos son soportados por anillos, uno en la parte inferior y otro en la coronación de la cúpula. Sin embargo, cuando se trata de cúpulas de mayores dimensiones se recurre a arcos meridianos y anillos paralelos, donde las flexiones de los meridianos son soportadas en compresión en la parte superior y resistentes a tracción en la parte inferior por los paralelos.

Para rigidizar este tipo de cubiertas, la solución clásica estuvo dispuesta por el uso de meridianos y paralelos; así también mediante el empleo de lamelas, que debido al encuentro de círculos máximos formarán rombos esféricos; o simplemente dividir la cúpula en triángulos esféricos.

- En una cúpula elíptica si la planta es circular y sigue una directriz elíptica generará un elipsoide de revolución y tendrá un comportamiento parecido al de la cúpula esférica; sin embargo, si la planta es elíptica, la variabilidad es más notoria en los anillos

paralelos debido a que estas no soportarán las mismas tensiones uniformes en todo su perímetro (20).

2.2.5. CUBIERTAS DE ACERO

2.2.5.1. EL ACERO

El acero es un material del resultado de la mezcla de hierro y carbono básicamente; la cantidad de este último está dada entre 0.1 y 2% y determinará su comportamiento. Así mismo, dentro de su estructura están presentes elementos de magnesio, azufre, vanadio, fósforo, silicio y cromo (30).

Comparado con materiales como la piedra y la madera, el acero es al menos diez veces más resistente a esfuerzos de tracción, convirtiéndolo en un material de naturaleza tenaz, superando por mucho a cualquier otro material. También resiste a esfuerzos de compresión; sin embargo, estos son poco confiables. Su fundición se da al someterlo a altas temperaturas y con el uso de moldes y considerando su reducción por la retracción se puede conseguir diferentes formas (entre barras y perfiles). Su estado maleable es como el de un hormigón homogéneo, con la diferencia de que este se realiza en lugares especializados y no en obra (20) (28).

El empleo del acero está dado mayormente en infraestructuras monumentales, y es en estas grandes estructuras donde expresa su gran fortaleza y belleza; sin embargo, el acero no ha podido mostrarse tal y como es, recurriendo a pinturas u otro tipo de recubrimiento o vestidos, y es debido a que no puede mostrar valores semejantes a los de la madera, que expresa con franqueza y orgullo sus variadas fibras y nudos, o a la sinceridad expresiva de los materiales de fábrica (28).

A pesar de que el acero es un material cuya capacidad de retener o absorber humedad del medio ambiente es nula, y debido a esto no sufre de deformaciones y retracciones [como sí se pudiera dar en la madera por su capacidad higroscópica], tiende a oxidarse muy rápidamente al contacto directo con la humedad, aunque existe una variedad de aceros que dependiendo de su calidad tienden a ofrecer una mejor resistencia a la oxidación; obligadamente, todos requieren ser aislados con algún recubrimiento especial, y al estar expuestos a las condiciones de viento, sol y lluvia conviene repetir el proceso de defensa de forma periódica. También, el acero puede ser galvanizado, lo que le da una capa de recubrimiento especial de zinc que impide la corrosión, pero el tratamiento tiene un elevado

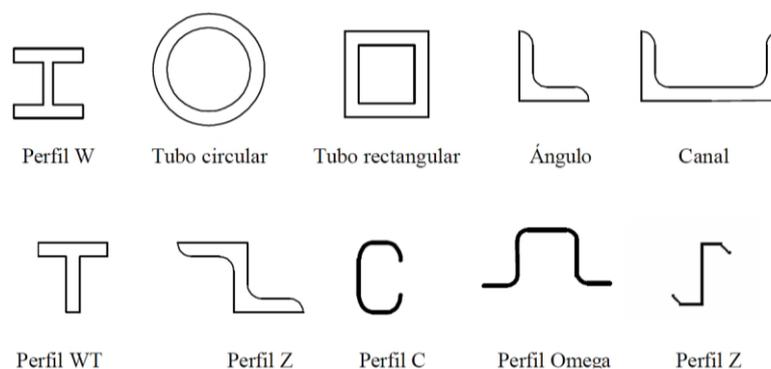
costo como una dificultad a la unión por soldadura, y en el caso de acero simple, como se indicó antes, requiere la protección de pintura anticorrosiva (28)(30).

Por último, aunque es difícil que se dé el fallo por rotura en las estructuras de construcción por fatiga, es importante tener presente el comportamiento del acero al ser sometido a un periodo continuo de sobrecargas y descargas, “[...] es frecuente que la resistencia del material baje a la mitad, al cabo de un gran número de repeticiones (por encima del millón), y que la rotura se produzca entonces bruscamente [...]” (28 p. 65).

2.2.5.2. PERFILES DE ACERO

“La industria de la construcción ha estandarizado ciertos elementos de acero con formas y propiedades conocidas para facilitar a calculistas, productores y constructores hablar un lenguaje común [...]” (30 p.12) [esta estandarización permitió y permite hasta la actualidad la construcción de grandes estructuras incluidas las cubiertas].

Figura 2.8. Perfiles de acero



Sección de perfiles laminados en caliente, ensamblados y doblados en frío. Tomada de Bermúdez (30 p. 12).

Para elaborar los perfiles laminados en caliente se somete a temperaturas altas a la “palanquilla”, que son grandes barras de acero en bruto o la materia prima, que, luego dándole la forma correspondiente permitirá fabricar perfiles de distinto tipo. Ahora, a partir de soldar piezas laminadas unas con otras y definidas por su sección se obtienen los perfiles ensamblados; por ejemplo, ángulos, canales, entre otros. Por último, por medio de grandes rodillos mecánicos se obtendrán láminas delgadas con espesores de entre 0.9 y 3 mm, que luego serán dobladas en frío para obtener perfiles como en C, omega y en Z (30).

2.2.5.3. TIPOS DE UNIONES

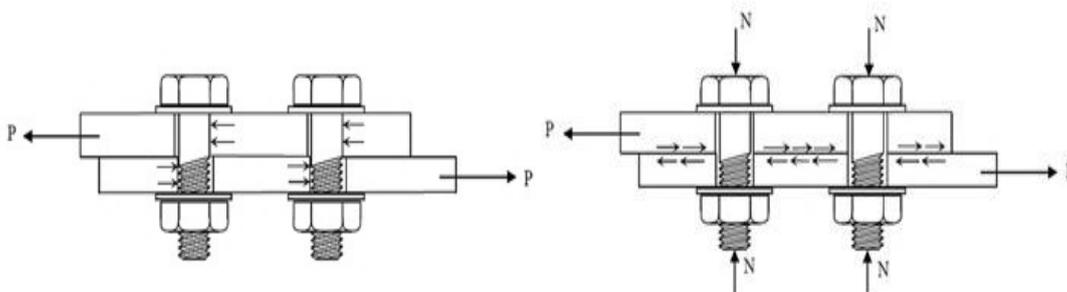
Actualmente, para unir dos o más perfiles se usa principalmente tornillos o soldaduras. En el pasado, se usaron frecuentemente los remaches, pero debido

a sus inconvenientes en el montaje y al desarrollo de tornillos de alta resistencia, han sido reemplazados por estos últimos (30 p. 29).

En las uniones con roblones o donde se emplean remaches, se crean concentraciones de tensiones muy elevadas y complejas tanto alrededor de las perforaciones y en los mismos roblones, “el reparto de fuerzas, entre ellos, viene influenciado por las deformaciones de las chapas a través de las cuales se trasmite el esfuerzo [...]” (28 p. 61), es decir, el trabajo no es distribuido equitativamente en la totalidad de la sección de la pieza, sino que, los esfuerzos son soportados y transmitidos únicamente por las perforaciones, Sin embargo, el sistema funciona debido a la ductilidad y tenacidad del acero, que es capaz de soportar grandes deformaciones antes de ceder a fallo por rotura. “Todo esto no quiere decir que la robladura sea mal sistema de enlace [...] sino que estos éxitos son solamente posible [...] a las especiales características mecánico-resistentes del material; y no es una solución teóricamente perfecta [...]” (28 p. 62). Aunque existen libros especializados que explican las reglas, disposiciones y condiciones en las uniones con roblones, es preferible reducir o evitar concentraciones de tensión por perforaciones y reducir las deformaciones al mínimo evitando el empleo masivo de este tipo de enlaces (28).

Las uniones atornilladas simples están dadas por aplastamiento cuando existe contacto físico y, por tanto, transmisión de esfuerzos entre las paredes de la perforación y el tornillo (en sus partes de cuello y rosca), sometiendo al tornillo a esfuerzos de cortante; también están dadas por deslizamiento crítico, donde los tornillos no necesariamente son sometidos a esfuerzos cortantes, sino la transmisión de esfuerzos se da con la fricción ocasionada por la unión de piezas, donde los tornillos tienen que diseñarse específicamente para resistir altas tracciones (30).

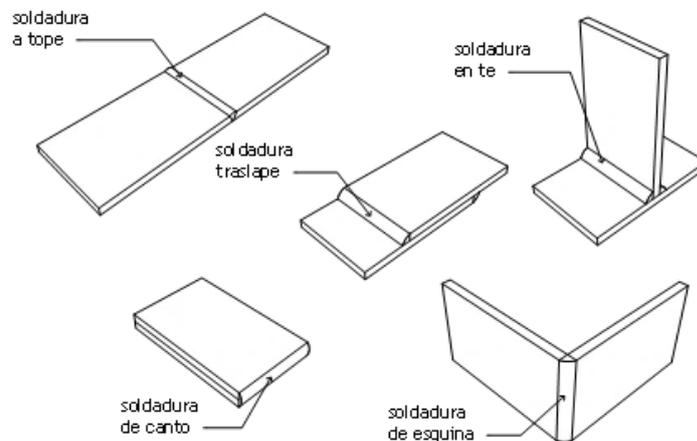
Figura 2.9. Uniones atornilladas



A la derecha está expresada la unión por aplastamiento y a la izquierda la unión tipo deslizamiento crítico. Adaptada de Bermúdez (30 p. 32).

La unión por soldadura consiste en la fijación de dos o más elementos metálicos inducidos por un arco eléctrico para alcanzar altas temperaturas sobre las superficies de contacto, obteniendo, así, un estado fluido para lograr la coalescencia o que las partes se unifiquen; estas bien pueden ser con material de aportación o sin él, donde la primera dejará una huella pronunciada en el recorrido, una especie de cordón de soldadura debido a la adición de una varilla o electrodo; y en la segunda simplemente dejará un pequeño hundimiento. Así mismo, es importante que en el proceso de soldado, el acero fluido se aisle de la intemperie y se proteja contra la oxidación, pudiéndose usar electrodos revestidos para dejar una capa de protección sobre el cordón de soldadura; o el uso de fundentes; o aplicar argón o CO₂, entre otros (30).

Figura 2.10. Uniones soldadas



Diferentes tipos de uniones soldadas. Adaptada de Bermúdez (30).

Torroja explicó que “indudablemente, la soldadura a tope presenta ventajas sobre las otras. Las tensiones se pueden transmitir, a través de ella, podría decirse, con naturalidad; es decir sin alteraciones de la red de isostáticas, igual que en un enlace monolítico” (28 pp. 62-63).

Dependiendo de la posición de las partes metálicas, las uniones con soldadura pueden ser de los tipos que se describen a continuación.

2.2.6. CUBIERTAS DE HORMIGÓN ARMADO / ESTRUCTURAS LAMINARES

2.2.6.1. EL HORMIGÓN ARMADO

El hormigón armado es un nuevo material totalmente distinto al comportamiento del acero o el hormigón, aunque una vez juntos conservan sus cualidades complementándose el uno del otro, donde por dentro, el tejido de acero distribuido homogéneamente aporta y fortalece a la resistencia a tracción del hormigón, es decir, la piedra obtiene prestada la fibra del acero y a

cambio el acero obtiene masa. La continuidad es una de sus características que la distingue de otros materiales, son lucidas y expresadas con sus superficies que impresionan por sus delgados espesores que pueden llegar a obtener (28) (20).

El acero que se emplea normalmente en las armaduras presenta relieves nervados alrededor de todo el largo de la superficie, que le permite adherirse al hormigón impidiendo su deslizamiento. Estos aceros rara vez superan los 35 milímetros de diámetro “[...] al mismo tiempo, la relativa impermeabilidad del hormigón y la alcalinidad del ambiente, en su interior, aseguran, prácticamente, la inoxidable del acero, dando al conjunto unas buenas condiciones de durabilidad” (28 p. 67).

2.2.6.2. ESTRUCTURAS LAMINARES

La bóveda y la cúpula clásica por su materialidad sumamente pesada, cuyo comportamiento solamente es de compresión y junto a su directriz, arrastran muchas imposiciones técnicas; por ejemplo, el arco directriz define la cúpula de San Pedro, que tiene un peso superior a las treinta mil toneladas. Entre uno de los materiales que permitió librarse de estas cargas está el hormigón armado empleado en las estructuras laminares, capaz de aligerar y concretar nuevas formas. Entonces, el hormigón armado tiene la capacidad de adaptarse a muchas formas y a la vez es resistente, por el esfuerzo que gana de las armaduras. De ahí es que presenta un comportamiento formáceo y adecuo-resistente; sin embargo, estas propiedades no se logran aprovechar al máximo en la construcción de piezas verticales y horizontales, y es en las láminas de hormigón armado donde recién se muestran y lucen (31).

Casinello explicó que una estructura laminar puede definirse como: elemento superficial de simple o doble curvatura autorresistente por su forma y condiciones de apoyo, realizado con un material frangible y tenaz y capaz de soportar cómodamente una determinada ley de cargas. En el reducido espesor de la lámina se funden función resistente y cerramiento, función de uso y de permanencia, estructura y forma (31).

La resistencia a tracción del hormigón armado permite obtener soluciones más delgadas y ligeras como la lámina cilíndrica, definida por su arco rígido y apoyos sobre muros, equivalente a la bóveda de cañón, pero de menor espesor y más ligera (28). Ver Figura 2.5 para encontrar otras soluciones más complejas por la intersección de varias láminas cilíndricas.

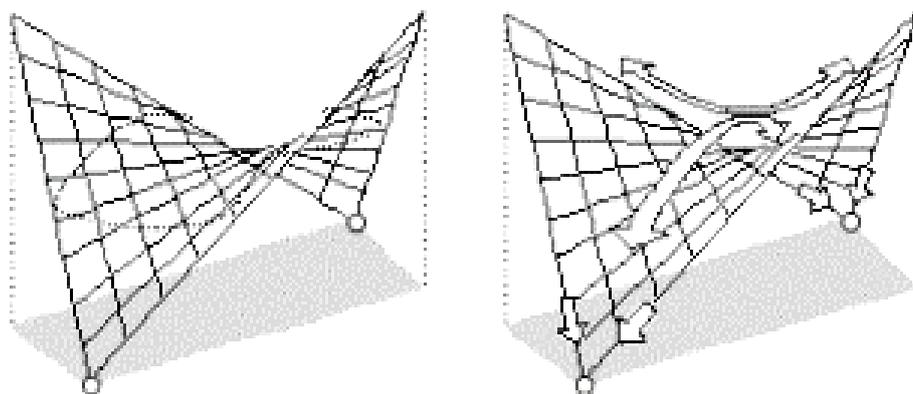
Así también, Larrambebere agregó que se consiguen superficies laminares alabeadas de hormigón armado por medio de superficies regladas donde se emplea una recta generatriz, posicionada siguiendo un patrón o directriz, es decir, desplazándose sobre “dos curvas no coplanares”. El encofrado en este tipo de cubiertas laminares es más sencillo debido al empleo de listones rectos (32).

Entre las superficies alabeadas, la más utilizada ha sido el paraboloides hiperbólico, que ofrece la ventaja de inscribirse bien en un cuadrilátero formado por cuatro bordes rectos. La membrana puede dar entonces reacciones tangenciales solamente sobre el borde sin provocar flexiones [...]. Conviene entonces que su borde sea muy rígido longitudinalmente y de poco peso; pues [...] alteraría el estado de membrana. Aun así, siempre aparecen flexiones que toman importancia cuando las dimensiones son grandes (28 p. 122).

- Superficies sinclástica y anticlástica

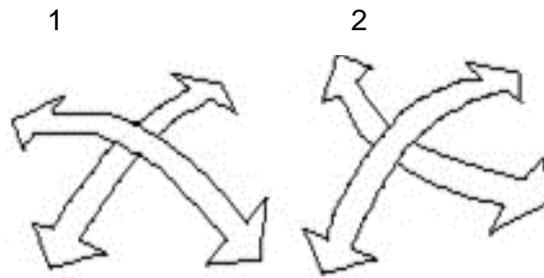
Las superficies de doble curvatura aplicadas a estructuras laminares son de dos tipos: primero, cuando las curvaturas principales están orientadas hacia un mismo sentido definen una superficie sinclástica; por ejemplo, la cúpula esférica; y segundo, cuando el sentido principal de las curvaturas están orientadas en sentidos opuestos definen una superficie anticlástica; por ejemplo, la superficie que genera la geometría de un paraboloides hiperbólico (31).

Figura 2.11. Paraboloides hiperbólico



Dirección de curvaturas anticlásticas u opuestas engendradas a partir de una superficie reglada.
Tomada de Ching (26 p. 131).

Figura 2.12. Tipos de curvatura doble

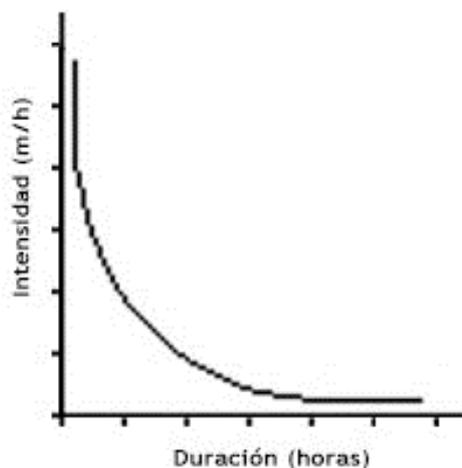


1 Sinclástica, curvaturas orientadas hacia un mismo sentido y 2 anticlástica, curvaturas orientadas en sentidos opuestos. Adaptada de Ching (26).

2.2.7. AGUAS PLUVIALES

Especialistas en hidrología definen el agua pluvial como “agua de lluvia que proviene de cualquier precipitación atmosférica” (33 p. 19). “[...] en forma de gotas de agua líquida de un diámetro mayor que 0.5 milímetros o gotas ampliamente dispersas de menor tamaño” (33 p. 172). Por otra parte, Miceli, especialista en arquitectura sustentable, resaltó que su utilización alarga la existencia de las reservas de agua potable disponibles; además, es de buena calidad, ya que está libre de cal, cloro, amoníaco y otros productos químicos, convirtiéndola en utilizable para actividades como lavado de platos, riego, descarga de inodoros, lavado de autos, de veredas, de ropa, limpieza en general; aunque es restringido su uso para otras actividades, debiéndose recurrir de forma exclusiva al agua potable para la higiene personal y el consumo humano (tanto para cocción como para beber) (34).

Figura 2.13. Curva de intensidad de la lluvia de un aguacero



Relación intensidad de lluvia por duración de tiempo. Tomada de Maderey (35 p. 21).

En cuanto a la intensidad de la lluvia, está referida a la medición de la precipitación en relación con el tiempo de registro del evento; por ejemplo, en milímetros por hora [mm/h cuando son de baja intensidad], y milímetros por minuto [mm/m cuando son muy intensas]. Uno de los instrumentos para medir la intensidad de lluvia de cualquier tormenta es el pluviógrafo, cuyo registro se realiza en períodos de 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100 y 120 minutos. Y en cuanto a la duración de la precipitación, con frecuencia las de mayor intensidad suceden en períodos de tiempo muy corto; no obstante, los volúmenes de escorrentía incrementan (36) (35) (37).

Tabla 2.1. Medida de la captación de aguas pluviales

ÁREA DE CAPTACIÓN (m ²)	PRECIPITACIÓN PLUVIAL PROMEDIO (mm)			
	1	10	100	1000
1	1	10	100	1000
10	10	100	1000	10000
100	100	1000	10000	100000
1000	1000	10000	100000	1000000

Síntesis de cantidad ideal de agua captada en litros en relación con el área de captación y la precipitación pluvial media. Adaptada de Anaya (37).

Por medio de la pluviometría se puede valorar y medir la precipitación; para ello, es necesario entender que el agua de lluvia se evapora en su camino hacia la superficie de la tierra, es decir, si se midiera en simultáneo la precipitación sobre una misma línea vertical se entendería la diferencia de valores en su descenso; no obstante, lo primordial es medir la precipitación que llega a la superficie. De esta manera, se cuantifican los milímetros que consiguen acumularse sobre una superficie plana y horizontal donde no se perdiera agua por infiltración o evaporación; así, 1 milímetro de agua de lluvia en 1 m² es igual a 1 litro (35).

Para medir las precipitaciones se usan aparatos denominados pluviómetros, que tienen por lo general una forma cilíndrica, con una abertura superior de bordes agudos también denominada boca de embudo, y un colector que recoge el agua. Su tamaño depende de los estándares de cada país, aunque la Organización Meteorológica Mundial (OMM) busca unificar instrumentos y métodos de medición entre los países miembros. Así también, estos instrumentos muestran un margen de error en la medición por factores externos como la velocidad del viento, temperatura, entre otros; sin embargo, no se pueden establecer cifras o porcentajes de errores exactos.

Además, en todo pluviómetro es importante seguir algunas recomendaciones de la OMM, como las características del embudo con una boca de 200 a 500 cm² de superficie de cuello estrecho y protegido para evitar pérdidas por incremento de temperatura; ahora bien, para un mejor emplazamiento del instrumento sugiere distanciar cualquier obstáculo a su alrededor por lo menos 4 veces su altura con la boca del embudo situado a 1.5 m de altura del nivel del suelo plano, que puede ser de césped, ripio o grava; y en cuanto al método de registro de precipitaciones recomendado, recomienda tomar como línea base de medición el punto inferior del menisco del agua, usar una libreta y un medio digital como respaldo para las anotaciones; en ambos casos registrar la fecha y hora exacta de la medición (se recomienda la misma hora para todas las mediciones), nombre de la persona que registra y una breve descripción de las condiciones del tiempo. Así mismo, es necesario diferenciar los días sin lluvia de los días que no se pudieron registrar con 0 y S/D respectivamente (35) (36) (38) (39).

Además, Monasterio et al. (2008), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) de Venezuela, propusieron un diseño de pluviómetro artesanal económico y práctico, conformado por un embudo de plástico de 14.6 cm de diámetro conectado a una manguera de plástico de media pulgada de diámetro, dirigido a un envase de plástico colector de 1 litro de capacidad, y para encontrar el volumen de captación de agua de lluvia debe emplearse una probeta cilíndrica de laboratorio calibrada en milímetros; sin embargo, la medición no es oficial todavía, por lo que además se requiere equiparar el volumen artesanal con el de un pluviómetro oficial con la siguiente operación matemática y determinar la lámina oficial en milímetros (40):

$$\frac{\pi(D_1)^2}{4} \times L_1 = \frac{\pi(D_2)^2}{4} \times L_2$$

donde:

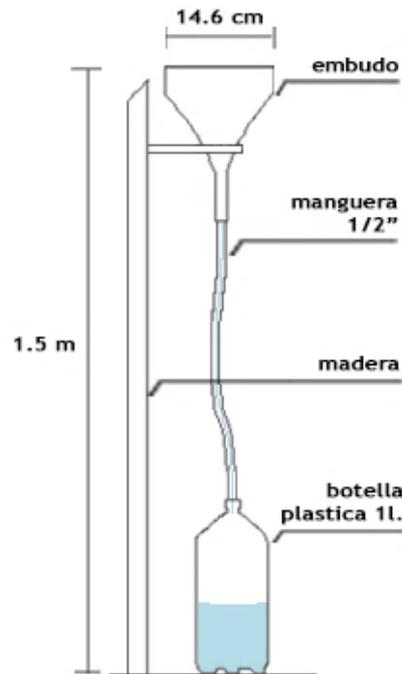
D_1 = Diámetro de boca de pluviómetro oficial = 15.96 cm

L_1 = Lámina de agua en el pluviómetro oficial (mm)

D_2 = Diámetro de probeta cilíndrica (cm)

L_2 = Lámina de agua en la probeta cilíndrica (mm)

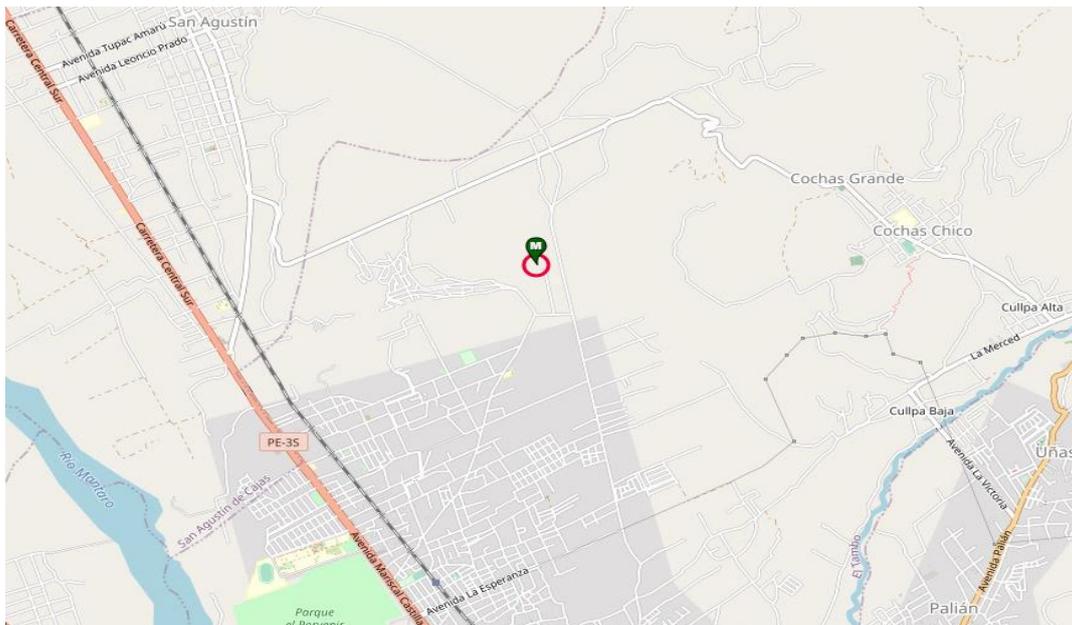
Figura 2.14. Pluviómetro artesanal



Esquema del modelo de pluviómetro artesanal. Adaptada de OMM e INIA (39) (40).

Es necesario considerar para el caso nacional que los datos de precipitación son registrados en las estaciones hidrometeorológicas del Senamhi, que brinda acceso público a la base de datos en su portal oficial (41).

Figura 2.15. Estación hidrometeorológica Santa Ana

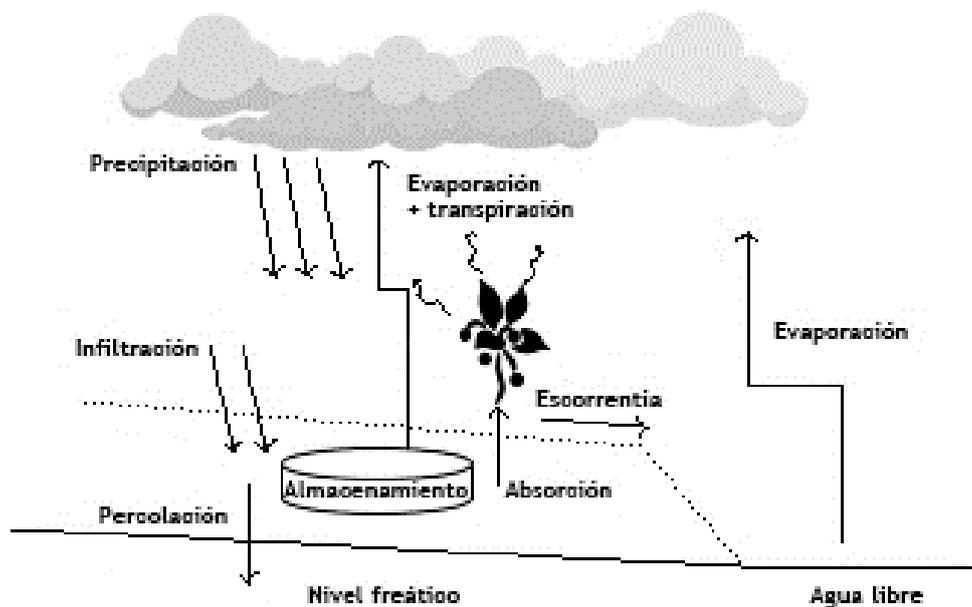


Ubicación de la estación meteorológica Santa Ana disponible en la página oficial del Senamhi.

En condiciones naturales, la cantidad medida de las precipitaciones sufre una disminución a través de la evaporación, transpiración e infiltración. La primera es equivalente a la capa de agua que se evapora expresado en milímetros, entendiéndose que de 1 mm de agua distribuido en un 1 m² de cualquier superficie en condición ideal equivale a 1 litro de agua. Lo segundo se da, por ejemplo, por medio de la transpiración en las plantas, fenómeno que se da cuando el agua es tomada del suelo en estado líquido por medio de sus raíces y luego es liberada por medio de sus hojas en estado gaseoso a la atmósfera. Y por último, la infiltración está referida al volumen de agua filtrada y contenida en el subsuelo (35) (36).

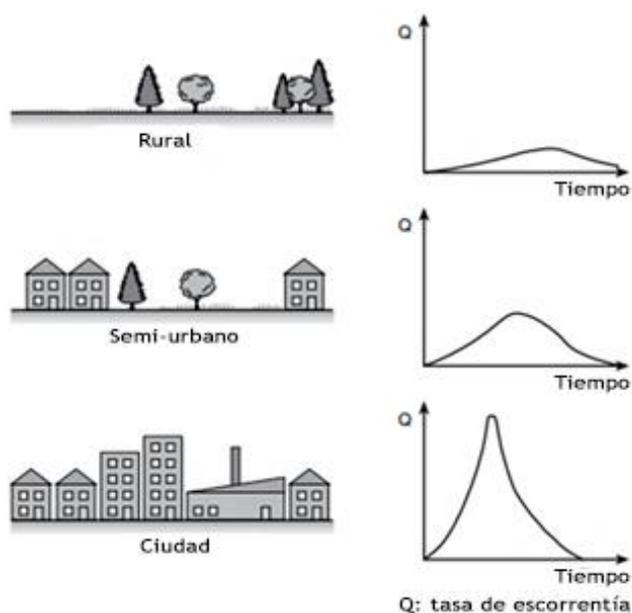
2.2.8. CICLO NATURAL Y URBANO DEL AGUA

Figura 2.16. Ciclo hidrológico



Proceso del ciclo hidrológico simplificado con sus componentes y fases. Tomada de la FAO (42 p. 12).

Figura 2.17. Efecto de la urbanización en el pico máximo de escorrentía



Comparación del nivel de escorrentías de un suelo rural, semiurbano y urbano. Adaptado de Butler et al. (43).

El agua está en constante movimiento en la naturaleza creando vida en un ciclo natural que permite abastecer de agua a todos los seres vivos. Así mismo, la FAO señala que este círculo cerrado es un fenómeno complejo, que se debe conservar en equilibrio natural, para evitar las carencias en algunas partes (escasez) y excesos en otras (35) (42).

De la Lanza et al. describieron que el ciclo natural [...] se inicia con la evaporación del agua de los océanos, el vapor resultante es transportado por las masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas, el vapor se condensa para formar las nubes, las cuales, a su vez, pueden transformarse en precipitación [...]. La mayor parte de ésta es retenida temporalmente por el suelo, y regresa eventualmente a la atmósfera por evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción de agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo hasta alcanzar los canales de corriente. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para hacer parte del suministro del agua subterránea [...], con el tiempo pueden incorporarse a los océanos. Sin embargo, una parte importante de la escorrentía superficial y del agua subterránea regresa a la atmósfera por medio de la evaporación y transpiración, antes de alcanzar los océanos (33 pp. 60-61).

En cuanto al ciclo urbano, Butler et al. señalaron que los efectos por el desarrollo del hombre en el proceso hidrológico son significativos, es decir, que cuando el ciclo natural del agua es interrumpido por las actividades del hombre trae consigo desequilibrios como, por ejemplo, la infiltración de la lluvia disminuye con las superficies artificiales, produciendo grandes cantidades de escorrentía superficial y en comparación con las superficies naturales, estas viajan más rápido por las superficies duras y a través de alcantarillas hacia los ríos (43).

2.2.9. COSECHA DE LLUVIAS

“La recolección de agua en su sentido más amplio se puede definir como la recolección de agua de lluvia de la escorrentía”, que puede aprovechar cualquier tipo de superficie para emplearse en la agricultura, abastecimiento doméstico, entre otras actividades que implican una mejor gestión del recurso (44 p. 13). Igualmente, el Manual de cosecha de lluvia de México, elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente (Sedema), junto con otras instituciones, señalan que la captación o cosecha de lluvia “es la acción de colectar, conducir, almacenar y tratar el agua que se precipita a la superficie terrestre para su uso o consumo” (45 p. 17).

Figura 2.18. Captación de agua de lluvia

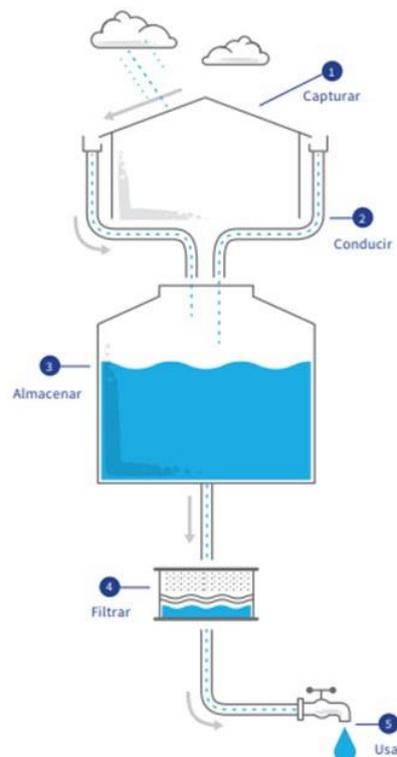


Diagrama general del proceso de captación de agua de lluvia. Tomada de Sedema et al. (45 p. 17).

Los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) están compuestos de elementos como las superficies para la recolección; canaletas, tuberías y otros para la conducción; tanques, cisternas y otros contenedores para el almacenamiento; y, por último, filtros y químicos para tratamiento del agua. Dichos elementos pueden cambiar el orden en tanto el diseño así lo requiera. De la misma forma, se recomienda utilizar los elementos esenciales para cada caso particular, a fin de preservar un SCALL sencillo y eficaz, sobre todo para evitar gastos innecesarios y complejidad de uso (45).

2.2.9.1. DEMANDA DE AGUA

“La demanda está en función del uso que se le dará al agua de lluvia captada. Los usos más comunes son consumo humano, animal, uso doméstico y producción agrícola, acuícola, pecuaria, forestal e industrial” (6 p. 49). Cada uso posee requerimientos particulares, por ejemplo:

- Uso doméstico: demanda de agua para preparar alimentos, beber, higiene personal, lavado de ropa y aseo de la vivienda.
- Consumo animal: es la suma de los consumos para abrevadero y limpieza de los corrales.
- Producción agrícola: necesidad de agua para el metabolismo y producción de los cultivos.
- Otros usos: consumo en instalaciones de transformación de productos, piscicultura y actividades recreativas (42 p. 26).

Adicionalmente, el Reglamento Nacional de Edificaciones, norma I.S. 010, dotaciones, sección u), indica que “la dotación de agua para áreas verdes será 2 L/d por m². No se requerirá incluir áreas pavimentadas, enripiadas u otras no sembradas para los fines de esta dotación” (46 p. 377).

2.2.9.2. PRECIPITACIÓN PLUVIAL NETA

Manuel Anaya señaló que “a partir de la información disponible de precipitación (P), se determina la precipitación neta (PN), que se define como la cantidad de agua de lluvia que queda a disposición del sistema” (47 p. 13). “La cantidad de lluvia mensual varía según el clima, la estación e incluso de un año a otro. Por lo tanto, los diseñadores deben usar promedios de lluvia de 30 años” (23 p. 88).

En ese sentido, Anaya et al. dieron a conocer que en la metodología propuesta por el Programa de Captación de Agua de Lluvia del Colegio de Postgraduado de México, la precipitación pluvial neta está dada por la siguiente ecuación:

$$NP = P \times Cc \times Ce$$

donde:

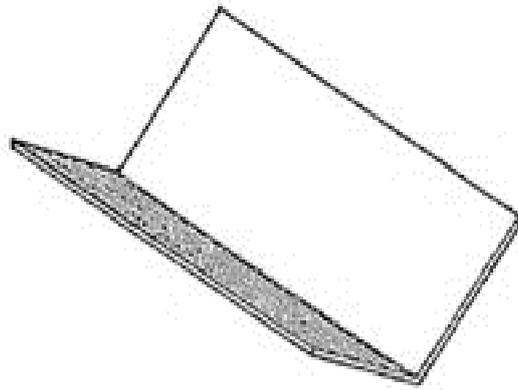
NP	=	Precipitación pluvial neta de diseño
P	=	Precipitación pluvial de diseño
Cc	=	Coefficiente de captación (0.85)
Ce	=	Coefficiente de escurrimiento

El valor del coeficiente de escurrimiento (C_e) depende del tipo de material de la superficie de captación (ver Tabla 2.2). Por otra parte, el coeficiente de captación (C_c) ha sido cuantificado a 0.85 como valor que representa restar las pérdidas de agua captada por salpicaduras, velocidad del viento, evaporación, fricción y tamaño de gota de lluvia. En cuanto a la precipitación pluvial de diseño (P), está referida a la suma de las precipitaciones medias mensuales mayores o iguales que los 30 mm, ya que los niveles inferiores presentan una calidad y cantidad no adecuadas y debido a esto no son recomendables tomarlos en cuenta (6).

2.2.9.3. SUPERFICIE DE CAPTACIÓN

“Es la superficie que recibe directamente el agua y la drena hacia el sistema” (44 p. 14). Estos cerramientos pueden tomar muchas formas; sin embargo, Novak et al. refirieron que “un techo de mariposa es ideal para la recolección de agua de lluvia porque toda el agua se canaliza a un lugar, lo que reduce la tubería necesaria para transferir el agua al recipiente de retención” (23 p. 86). El Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) hace referencia a este mismo [techo mariposa] como techo cuenca diseñado con dos superficies inclinadas que convergen en una arista central que permite la captación directa del agua de lluvia (47).

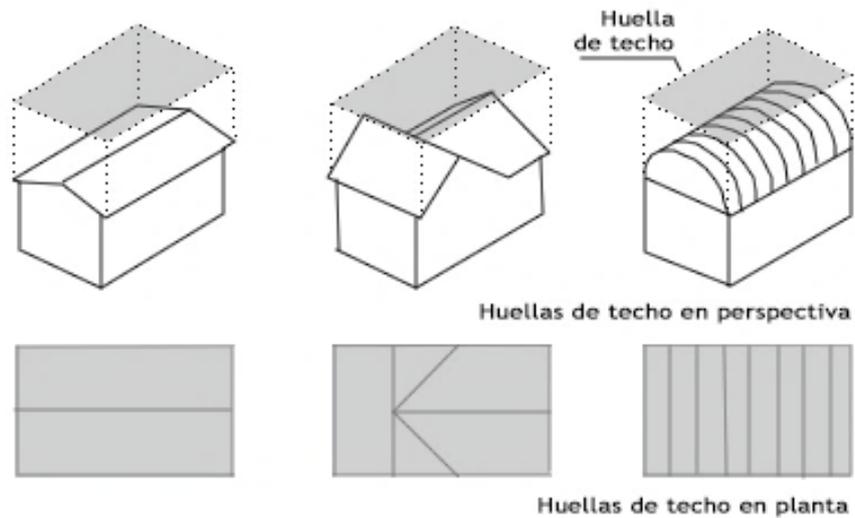
Figura 2.19. Techo cuenca



Cubierta con dos inclinaciones hacia el interior, ideal para recolección de aguas pluviales
Adaptada de Ching (26).

Por otra parte, para determinar el área de la superficie de captación se considera la forma de cualquier superficie (uno o más faldones, curvos y otros) como área plana proyectada horizontalmente, denominada también huella o desplante; su representación, por tanto, es en m^2 (si se tuviera otro tipo de polígono diferente al rectangular se debe recurrir a fórmulas matemáticas para determinar el área) (45).

Figura 2.20. Huella de techo



Proyección horizontal para los casos más comunes en los distintos tipos de techos. Adaptada de Sedema et al. (45).

También, para hallar el área de captación se puede dividir el volumen de demanda (m³) sobre la precipitación neta (NP) (m) (6).

$$\text{area de captación (m}^2\text{)} = \frac{\text{demanda (m}^3\text{)}}{\text{NP (m)}}$$

Ahora bien, independientemente de la forma de la cobertura, “el tamaño de la superficie de captación junto con la cantidad de agua que cae, determina la cantidad de líquido que se puede captar” (45 p. 23).

Por lo tanto, para optimizar la cantidad de recolección de agua de lluvia es necesario considerar el coeficiente de escorrentía para medir su nivel de implicancia respecto del comportamiento en los distintos materiales; por ejemplo, el flujo de agua se ralentiza respecto de un material rugoso y una pequeña parte puede ser absorbida. En cambio, el vidrio tiene una superficie impermeable casi ideal que permite el deslizamiento sin interrupción de las lluvias y, por tanto, tener una mayor recolección (23).

De igual manera, es necesario ver la calidad de la recolección de agua de lluvia, atendiendo tanto a la limpieza de la superficie como al nivel de toxicidad del material, ya que si un material desprende partículas tóxicas comprometerá la calidad del agua captada (45).

Tabla 2.2. Toxicidad y coeficiente de escorrentía (Ce) de los materiales

MATERIAL	TOXICIDAD	TEXTURA	Ce
– Vidrio	Nula	Lisa	0,95
– Lámina de metal		Lisa	0,95
– Lámina de fibras de plástico	Baja	Lisa	0,95
– Teja*		Media rugosa	0,85
– Fibrocemento	Baja	Rugosa	0,85
– Losa de concreto		Rugosa	0,80
– Impermeabilizantes de gravilla		Muy rugosa	0,75
– Carpeta asfáltica	Alta	Muy rugosa	0,70
– Asbesto		Rugosa	0,75
– Lámina de cartón	Muy alta	Lisa	0,90

Descripción de toxicidad, textura y valores del coeficiente de escorrentía de acuerdo con el tipo materialidad. Adaptada de Sedema et al. (45).

En The Texas Manual on Rainwater Harvesting se mencionan algunos tipos de materiales y su condición con la recolección de agua de lluvia:

- Teja compuesta o asfáltica: Radlet y Radlet, referenciados en el manual, indicaron que estos materiales no son adecuados por su nivel de desprendimiento de partículas tóxicas que afectan directamente la calidad del agua; su uso es recomendable para riego, mas no para consumo humano. Además, debido a su porosidad y evaporación, se reduce aproximadamente en una décima parte del total de la lluvia que cae sobre la superficie.
- Tejas de madera, alquitrán y grava: al igual que la teja asfáltica, produce lixiviación entre sus componentes, lo que compromete el estado del agua para ser potable, siendo preferible su uso exclusivamente para riego.
- Pizarra: su elevado costo descarta su uso, aunque por sus características se puede obtener agua para uso potable siempre que no se usen selladores tóxicos (48).

Tabla 2.3. Superficies para la cosecha de lluvia

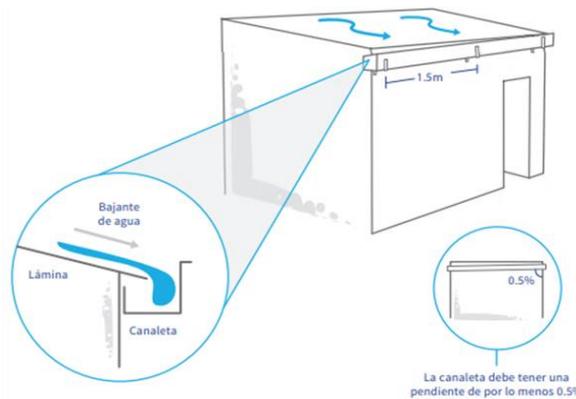
DESCRIPCIÓN	SISTEMA PARA USOS NO POTABLES	SISTEMA PARA USOS POTABLES
Requisitos de la superficie de captación.	<ul style="list-style-type: none"> - Se sugiere un techo limpio, pero no es limitante. No debe tener mascotas, ni se debe usar espacio de almacenamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario tener un techo lo más limpio y liso posible. No debe tener mascotas, ni almacenamiento. El agua debe correr sin obstáculos ni estancamientos. Lo ideal son los materiales que no agregarán contaminación al agua.
Superficies aceptables	<ul style="list-style-type: none"> - Lámina de asbesto - Lámina de cartón - Teja de barro sin sellar - Impermeabilizante en rollo con terminado en gravilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Losa de concreto con terminado liso o pulido - Losa de concreto con enladrillado y/o lechareado - Losa de concreto con impermeabilizante acrílico
Superficies ideales	<ul style="list-style-type: none"> - Lámina plástica (policarbonato, polipropileno, etc.) - Fibrocemento o similar - Membranas plásticas de HDPE - Tejas cerámicas o similares - Loseta cerámica, porcelanato o similar - Losa de concreto con terminado liso o pulido - Losa de concreto con enladrillado y/o lechareado 	<ul style="list-style-type: none"> - Cristal/vidrio - Lámina metálica - Lámina plástica (policarbonato, polipropileno, etc.) - Fibrocemento o similar - Membrana plástica de HDPE - Tejas cerámicas o similares - Loseta cerámica, porcelanato o similar

Superficies aceptables e ideal para uso potable y no potable en la cosecha de lluvia. Adaptada de Sedema et al. (45).

Por otra parte, se debe tener una pendiente que el agua corra o escurra por gravedad y se pueda dirigir el flujo hacia el punto de recolección. Se debe asegurar el desalojo de toda el agua que caiga sobre el techo. Entre mayor sea la pendiente, mejor será la cosecha de lluvia [...] considerar [...] una pendiente de, por lo menos, 2% (2 cm de caída por cada metro lineal) (45 p. 37).

2.2.9.4. CANALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Figura 2.21. Elementos de canalización y distribución



Recomendaciones para la instalación de canaletas del SCALL. Tomada de Sedema et al. (45 p. 38).

La lluvia captada por la superficie necesita pasar por un tratamiento para luego poder ser almacenada; para ello, se requerirán elementos de conducción como canaletas y tuberías, que pueden ser elaboradas de policloruro de vinilo (PVC), acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), polipropileno, entre otros similares (45) (49).

Tabla 2.4. Dimensionamiento de tuberías de conducción

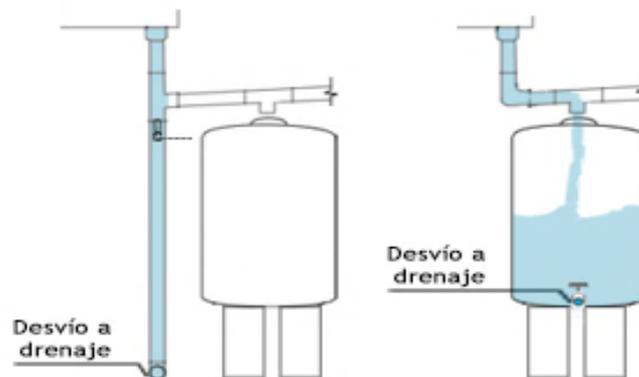
DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	TASA MEDIA DE PRECIPITACIÓN (mm/h)					
	50	75	100	125	150	200
50	13,4	8,9	6,6	5,3	4,4	3,3
65	24,1	16,0	12,0	9,6	8,0	6,0
75	40,8	27,0	20,4	16,3	13,6	10,2
100	84,4	57,0	42,7	34,2	28,5	21,3
125	-	-	80,5	64,3	53,5	40,0
150	-	-	-	-	83,6	62,7

Los valores máximos del área de la superficie están dados por la intersección entre el diámetro de la tubería y la intensidad de lluvia. Tomada de la tabla Indian National Building Code, citada por UN-Habitat (50 p. 21).

2.2.9.5. DESVÍO GENERAL A DRENAJE

Acumulación de suciedad y contaminantes durante los periodos de escasez de lluvias sobre las superficies; contingencias ambientales; contaminación del aire; presencias de cenizas; el empleo de detergentes o desinfectantes durante la limpieza y mantenimiento del sistema son algunas situaciones que comprometen la calidad de la recolección de agua de lluvia, por lo que es primordial evitar captar la totalidad de estas aguas por su nivel de contaminación; para ello, es fundamental contar con un desvío general dentro del sistema de captación que permita al usuario expulsarlo hacia algún drenaje; así también, este desvío se puede dar para evitar el colapso del sistema debido a que se superó la capacidad de almacenamiento (45).

Figura 2.22. Tipos de desvíos general a drenaje



Desvío previo e integrado al separador de primeras lluvias. Adaptada de Sedema et al. (45).

2.2.9.6. PRETRATAMIENTO

El pretratamiento se refiere a los procesos de limpieza del agua que ocurren en el trayecto entre el techo y el almacenamiento pluvial —o incluso dentro del almacenamiento mismo—, previo a la extracción, filtración y tratamiento final del agua. El objetivo [...] es eliminar la mayor cantidad posible de contaminantes antes de que lleguen al almacenamiento. (45 pp. 25-27).

Se pueden emplear dispositivos que permitan separar las primeras lluvias contaminadas del tanque de almacenamiento; o cualquier tipo de filtros, con capas de arena, mallas o cribas, para así garantizar las condiciones adecuadas del agua; estos generalmente son de polímeros sintéticos (49).

- Separación de las primeras lluvias

Es uno de los métodos más eficaces que deben incluirse en todo sistema de captación y más aún en lugares donde los índices de contaminación atmosférica son mayores. Los dispositivos empleados tienen la función de desviar el volumen de las primeras lluvias contaminadas (lluvias que limpian la superficie y toman partículas tóxicas del aire durante su recorrido) para impedir que se mezclen con las del almacenamiento.

Tabla 2.5. Desvío de primeras lluvias

DESCRIPCIÓN	COSECHAR LA LLUVIA MANUAL PARA INSTALAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN PLUVIAL EN VIVIENDA	LINEAMIENTOS TÉCNICOS SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE ABASTO DE AGUA POTABLE A NIVEL VIVIENDA	THE TEXAS MANUAL ON RAINWATER HARVESTING	RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION BLUE DROP SERIES BOOK 3: BENEFICIARIES & CAPACITY
Volumen de agua	2 a 3.2 litros/ m ² de superficie de captación	0.40 litros/m ² de superficie de captación	10 galones/1000 pies ² de superficie de captación	Primeros 15 a 20 minutos de lluvia
Tipo de uso	Uso domiciliario	Uso doméstico	Uso doméstico y comercial a pequeña escala	Uso doméstico, comercial e institucional a nivel de localidad/ comunidad
Tipo de zona	Zonas urbanas	Zonas rurales	Zonas urbanas	Zonas urbanas
Ciudad	México	México	Texas	Asia, África, América Latina y el Caribe

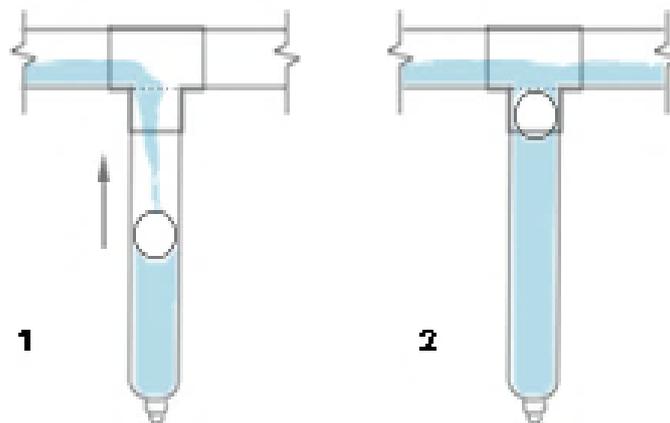
Resumen de recomendaciones de lecturas consultadas para calcular el volumen de primeras lluvias por desviar. Adaptado de Conagua; Sedema et al.; Texas Water Development Board y UN-Habitat (49) (45) (48) (50).

La cantidad de desvío de agua de lluvia en una zona urbana difiere de una zona rural; para la primera es recomendable separar los primeros 2 a 3.2 litros de agua de lluvia por cada metro cuadrado de superficie de captación, y la segunda entre 0.5 a 1 litro de agua de lluvia. Así mismo, la calidad mejorará cuanto más cantidad de lluvia se separe, es decir, el desvío

de 1 litro mejorará la calidad en un 50%, con 2 litros mejorará el 75%, 3 litros el 87.5% (45). Ahora, la Comisión Nacional de Agua recomienda para el segundo caso que el agua por separar sea de 0.40 litros por metro cuadrado de superficie de captación (49).

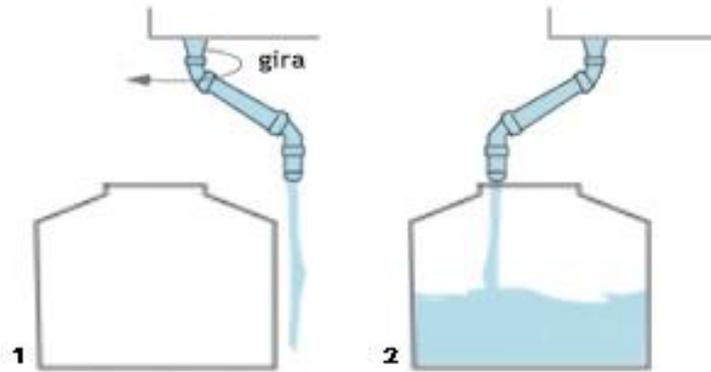
En los dispositivos para la recolección de las primeras lluvias se puede emplear el método de volumen fijo o método automático, que consiste en una pequeña cámara de almacén (generalmente se emplea una bola de sellado hidráulico) que disminuye la posibilidad de juntar el agua contaminada con la limpia, reteniendo y concentrando las impurezas captadas de las primeras lluvias, y que, una vez superado su límite de almacenamiento, son eliminadas desde la parte inferior de la cámara; por eso es importante que esta parte pueda ser desmontable, para llevar una adecuada eliminación y mantenimiento. También se puede emplear el método manual, donde su manipulación está a cargo de una persona que controla durante unos minutos de iniciada la lluvia su eliminación. Terminado el periodo de tiempo, dirigirá la tubería hacia el tanque para su almacenamiento. Por otra parte, el método de masa fija consiste en suspender un recipiente sobre uno de los lados de una especie de canaleta, que al momento de llenarse con las primeras lluvias y ganar el suficiente peso redirigirá el flujo e inclinará la canaleta hacia el sentido contrario donde se encuentra el bidón de almacenamiento (44).

Figura 2.23. Método automático



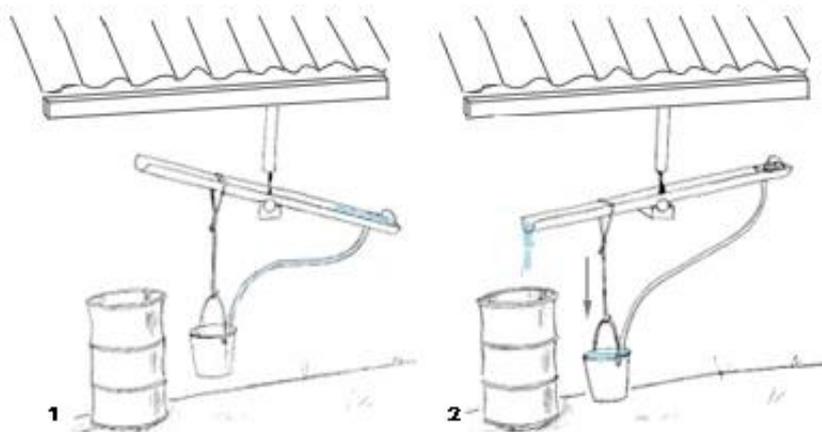
(1) Dispositivo de bloqueo en plena captación de primeras lluvias, y (2) dispositivo al límite máximo de su capacidad listo para su eliminación. Adaptada de Sedema et al. (45).

Figura 2.24. Método manual



(1) Desviado manual de primeras lluvias, y (2) dispositivo redireccionado al tanque de almacenamiento para recolectar agua. Adaptada de Worm y Hattum (44).

Figura 2.25. Método de masa fija

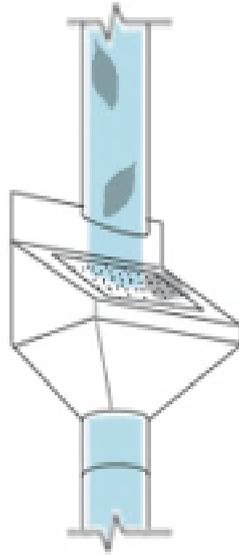


(1) Dispositivo ganando peso por primeras lluvias, y (2) dispositivo inclinado hacia bidón de almacenamiento por el peso ganado. Adaptada de Worm y Hattum (44).

- Prefiltración mallas y cribas

Para evitar obstrucciones por hojas, ramas o algún tipo de basura, se emplean filtros de cribas o mallas previos al almacenamiento; los más usuales son de metal y plásticos por su facilidad en el mantenimiento. Así también se pueden emplear filtros de arena, pero en el manual citado no recomiendan su uso (45).

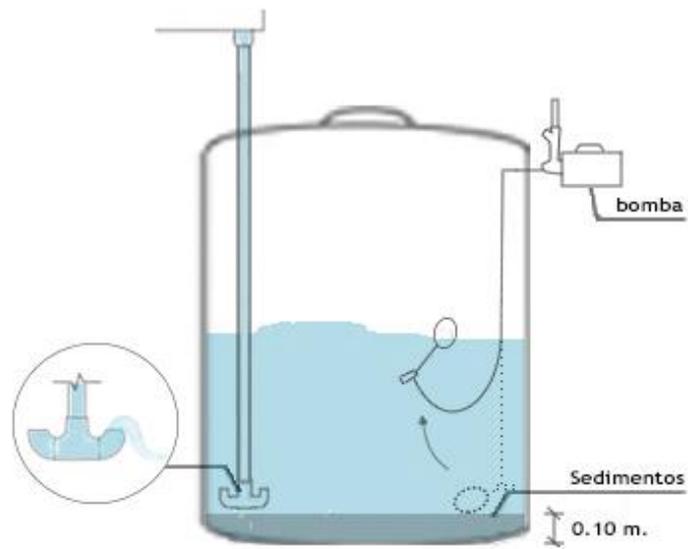
Figura 2.26. Filtros de hojas



Dispositivo con criba para desvío de hojas, ramas y otros elementos. Adaptada de Sedema et al. (45).

- Sedimentación

Figura 2.27. Control de sedimentación



Esquema de reducción de turbulencia y succión flotante aplicado para evitar alterar la sedimentación. Adaptada de Sedema et al. (45).

Dentro de un contenedor cualquiera de agua en estado de reposo, la sedimentación se da en el fondo por la densidad, es decir, la suciedad y demás restos por su propio peso tienden a asentarse creando una capa en la parte inferior y dejando en la parte superior agua más limpia lista para su uso. Así mismo, para un correcto funcionamiento es preferible que el agua recolectada no cambie bruscamente su estado de reposo al momento de ingresar; para ello, se emplea una reducción de turbulencia que conduce el agua de lluvia hasta casi el fondo del tanque de almacenamiento, evitando el choque por presión directa y así pueda mover el sedimento. De igual manera, para el bombeo se emplea una succión flotante, que es una manguera sujeta a una bola flotante que la mantiene lejos de la capa sedimentada y permite tomar el agua más limpia (45).

2.2.9.7. ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento se emplea cualquier tipo de contenedor que asegure guardar el agua en sus mejores condiciones: debe evitarse el uso de recipientes traslúcidos; también, debe garantizar el aislamiento con el exterior para evitar contactos con insectos y la contaminación del aire; además, es importante asegurarse de que el material del cual fueron fabricados no contenga o desprenda partículas tóxicas. Por otra parte, para calcular el volumen de almacenamiento se tienen que considerar el área de la superficie de cosecha, las precipitaciones del lugar y la demanda de agua (45).

Tabla 2.6. Tipos de almacenamiento

MATERIAL	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mampostería (block o concreto armado)	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación en subsuelo, no ocupan espacio en superficie - El cemento alcaliniza el agua y la mantiene fresca y de buena calidad - Fácil mantenimiento y larga vida útil 	<ul style="list-style-type: none"> - Los costos pueden ser elevados según la capacidad deseada - Requiere una gran disponibilidad de espacio en el subsuelo - Se tiene que construir en sitio - Se requiere excavación
Roto moldeado	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo comparado con las otras opciones (debajo de 10 000 litros) - Se requiere ya hecho y listo para usar - Existen muchas marcas, opciones y capacidades, adaptables a cada contexto - Alta disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco práctico en términos de transporte (transportan su capacidad en volumen de aire) - Solo se encuentran en tamaños específicos (generalmente 450, 1 100, 2 500, 5 000, 10 000 litros) - Ocupan espacio en superficie, por lo que requieren un piso plano que sea capaz de aguantar su peso una vez lleno
Ferrocemento	<ul style="list-style-type: none"> - Muy bajo costo de materiales - Alta disponibilidad de materiales - Materiales disponibles en todos lados - Se pueden hacer en cualquier tamaño 	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupan espacio en superficie, por lo que requieren un piso plano que sea capaz de aguantar su peso una vez lleno - Requiere experiencia y capacidad técnica específica - Un muy alto porcentaje terminan presentando agrietamientos/fugas que son difíciles o imposibles de reparar
Geomembrana	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidades (volumen) adaptables a las necesidades del contexto - Permite llevar grandes volúmenes de almacenamiento en muy poco espacio, y llegar a lugares de difícil acceso - Se puede embalar y transportar de forma eficiente - Es barato en costo por litro a partir de aproximadamente 20 000 litros (se abarata conforme aumenta el volumen) - Posibilidad de implementación en contextos diversos 	<ul style="list-style-type: none"> - Se construye en superficie, por lo que requiere espacio al aire libre - Alto costo para capacidades menores a 20 000 litros - Material frágil que se puede perforar y es difícil de parchar - Requiere materiales y mano de obra especializada

Ventajas y desventajas de acuerdo con la materialidad de los tipos de almacenamiento más comunes. Adaptada de Sedema et al. (45).

2.2.9.8. BOMBEO

Para zonas donde es imposible contar con energía eléctrica, la extracción puede hacerse aprovechando la gravedad, o por bombeo manual; en cambio, en zonas urbanas se puede aprovechar de una bomba eléctrica cuyo funcionamiento es igual al que se emplea en un sistema convencional de tanque cisterna hacia un tanque de almacenamiento en altura. En este recorrido pueden considerarse uno o más filtros; sin embargo, exigirán de una bomba de mayor potencia (45).

2.2.9.9. FILTRACIÓN, TRATAMIENTO Y DESINFECCIÓN

Después del pretratamiento y almacenamiento correcto, continúa la etapa de tratar el agua de lluvia por medio de filtros, que retendrá algunos contaminantes persistentes que comprometan el “color, olor o sabor del agua”. Generalmente, para eliminar solo partículas de sedimento se requiere de filtros simples como los de arena y grava, pero si la finalidad de la recolección es potabilizarla, se emplearán tipos de filtros como el de carbón activado (para retener químicos, metales, toxinas, entre otros) u otros más especializados. Una vez pasada la etapa de filtros, es necesaria la desinfección del agua para combatir la presencia de bacterias y otros microorganismos; se pueden aplicar distintos métodos de desinfección como “cloro, ozono, plata coloidal y luz ultravioleta” (45) (44).

2.2.9.10. MANEJO Y MANTENIMIENTO

La calidad de diseño debe mostrar un manejo y mantenimiento sencillo para lograr un uso eficiente. El mantenimiento debe efectuarse con cierta frecuencia para garantizar la calidad del agua, siendo necesario mantener en buen estado y limpias todas las partes del sistema incluyendo cerramiento, canaletas, tuberías y filtros. En cuanto al almacenamiento, el vaciado y limpieza del tanque se debe efectuar anualmente (45).

Tabla 2.7. Mantenimiento de sistemas de captación de lluvia

DESCRIPCIÓN		TEMPORADA DE LLUVIA			PERIODICIDAD					
		Antes	Durante	Después	Diaría	Semanal	Quincenal	Mensual	Anual	Según lineamientos del proveedor
Componentes	Requerimiento básico									
Superficie de captación	Limpieza y desinfección	x	x			x			x	
Disparos/canaletas	Limpieza superficial		x			x				
	Limpieza profunda	x							x	
Separador de primeras lluvias	Drenado		x		x					
Filtro de hojas	Limpieza superficial		x		x					
	Limpieza profunda		x					x		
Almacenamiento pluvial	Limpieza profunda	x							x	
Medios filtrantes lavables	Limpieza profunda		x				x			
Medios filtrantes de cartuchos	Cambio	x							x	X
Dispositivos de desinfección	Cambio	x					x		x	X

Requerimiento de limpieza, desinfección y cambio de los componentes del sistema de captación de lluvias en temporada de lluvia y frecuencia de tiempo recomendado. Adaptada de Sedema et al. (45).

2.2.10. CALIDAD PARA EL AGUA

Cuando se inicie con la implementación del SCALL, se recomienda analizarse el agua de lluvia recolectada para asegurar el correcto funcionamiento del sistema; luego, como mínimo trimestralmente si el uso será para consumo humano. Es importante comunicarse con el

laboratorio para informarse sobre los requisitos del proceso de obtención de muestras como tipo de recipiente, volumen de la muestra, cantidad de muestras y limitaciones de tiempo. Podrá recurrirse a un laboratorio analítico comercial (48).

El Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM categoriza los Estándares de Calidad Ambiental para el agua de acuerdo con su uso. En la categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales; subcategoría D1: Riego de vegetales, hace referencia a las aguas para uso de riego de cultivos vegetales, diferenciando entre aguas para riego no restringido y aguas para riego restringido. La primera comprendida por “aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen crudos [...] parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales”, y la segunda como “aquellas aguas cuya calidad permite su utilización en el riego de: cultivos alimenticios que se consumen cocidos” (51 pp. 10-11).

Tabla 2.8. Calidad de agua para riego no restringido

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	D1: RIEGO DE VEGETALES Agua para riego no restringido
Coliformes termotolerantes	NMP/100 ml	1000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1000
Huevos de helmintos	Huevos/L	1

Parámetros microbiológicos y parasitológicos, aplicados solo para riego de parques, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales. Adaptada de Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM (51).

2.3. REFERENTES ARQUITECTÓNICOS

2.3.1. PARAGUAS DE HORMIGÓN ARMADO

En la década de los años veinte, fue encargada al ingeniero Ildelfonso Sánchez del Río, por el Ayuntamiento de Oviedo, una cubierta con forma de paraguas, convirtiéndolo en uno de los pioneros de este tipo de cubiertas arquitectónicas. El diseño muestra un esqueleto estructural y un cerramiento ligero, donde el primero está compuesto de un único soporte central en el que por medio de un capitel nacen y descansan unas nervaduras de hormigón armado distribuidas en forma radial contenidas, a su vez, por zunchos circulares; y el segundo con plementerías de materiales ligeros de uralita o fibrocemento de 1 cm de espesor, que asemejaban a la tela de un paraguas común y corriente. La función evidente que exigía el diseño era la protección de las constantes lluvias (52).

Figura 2.28. Paraguas de la leche en Oviedo



Fotografía del paraguas de hormigón armado de Ildelfonso Sánchez para el ayuntamiento de Oviedo. Tomada de En-Perspectiva (52).

Figura 2.29. Paraguas de la Pola de Siero



Fotografía en perspectiva del paraguas de planta octogonal de Mercado de Ganado de Pola de Siero de Ildelfonso Sánchez. Tomada de El Comercio (53).

Del mismo modo, con los mismos elementos —soporte principal, trama y plemento— a lo largo de los años, Ildefonso Sánchez logró realizar varias cubiertas; por un lado, incrementando su diámetro; por otro, modificando el centro del soporte principal. Así también, pudo invertir la forma del paraguas pasando de una posición convexa a una cóncava hacia el exterior, como el proyecto del Mercado de Ganado de Pola de Siero, conformado por 3 plantas cuadradas de 20 metros por lado y una octogonal de 20 metros de radio, que fueron las de mayor dimensión logradas en toda su carrera (54).

2.3.2. CUBIERTA DE BÓVEDA CÁSCARA

Casi a finales de la década de los cuarenta, con estudios por medio de una serie de modelos a escala y dibujos a mano alzada, el arquitecto argentino Amancio Williams mostraba una nueva bóveda cáscara, un elemento de planta cuadrangular hecho de hormigón armado de un espesor de apenas 5 cm con luces de 6 a 7 metros, aproximadamente, y alturas prominentes variables. En cuanto al sistema de evacuación de aguas de lluvias, aprovechaba la propia forma cóncava y escultórica de la superficie para conducir el agua a través de un sistema simple de drenaje ubicado en el centro de su único soporte circular conectado con una columna hueca que hacía la función de filtro, que no permitía que el sistema colapse por causa de bloqueo por hojas sueltas y otros residuos (55).

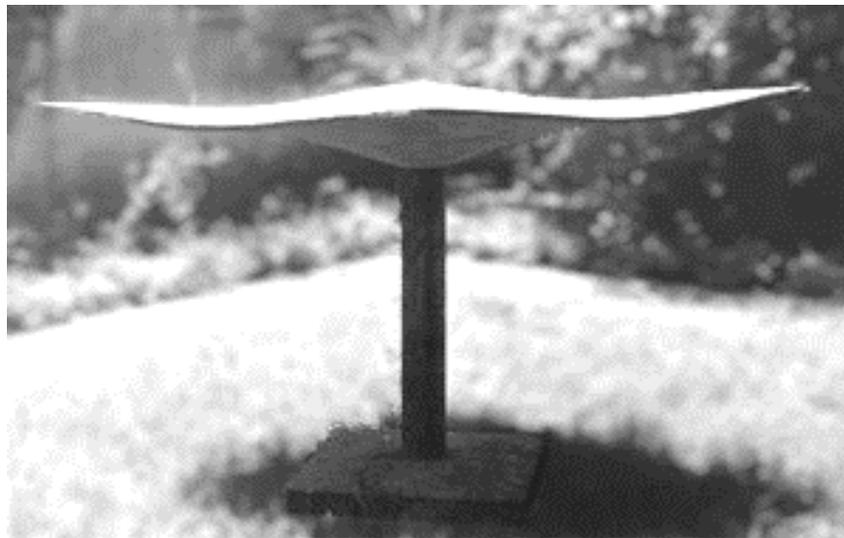
Figura 2.30. Estructura de bóveda cáscara



Estructura del modelo a escala de la bóveda cáscara de Amancio Williams. Adaptada de archivos Williams (55).

La forma de paraguas invertido se repetirá en varias propuestas de Amancio, entre ellas la estación de servicio en Avellaneda, donde la cubierta protegería de las condiciones climáticas tanto de los automóviles como de sus usuarios; diseños monumentales como el aeropuerto de Buenos Aires y tres hospitales en Argentina en la localidad de Curuzú, donde se mostraba este elemento de forma repetitiva (56). Lamentablemente, ninguna de estas obras llegó a construirse; sin embargo, una década después de su fallecimiento se construyó en su honor el monumento “del fin del milenio” a cargo del arquitecto Claudio Vekstein, concretando el diseño original con dos bóvedas de cáscara de hormigón imponentes con dimensiones de 11 metros por lado, sostenidas por un gran pilar, que al igual que sus primeros modelos, el sistema de drenaje sería el mismo (57).

Figura 2.31. Bóveda cáscara



Modelo a escala de bóveda cáscara, reducido diez veces su tamaño real, de Amancio Williams. Adaptada de archivos Williams (55).

Figura 2.32. Monumento en homenaje a Amancio Williams

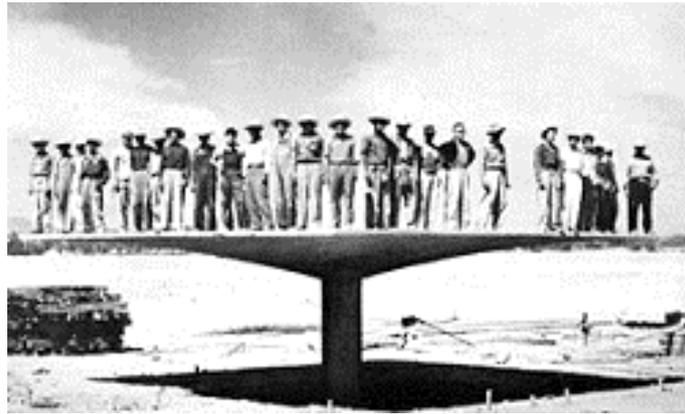


Fotografía del Monumento del Fin del Milenio, en homenaje a Amancio Williams. Tomada de archivos Williams (57).

2.3.3. EL PARAGUAS INVERTIDO DE FÉLIX CANDELA

Entre la década del cincuenta y sesenta, en pleno desarrollo del hormigón armado, el arquitecto de doble nacionalidad (español y mexicano) Félix Candela desarrolló estructuras laminares de hormigón armado empleando el paraboloides hiperbólico, geometría que le permitió crear estructuras de grandes luces resistentes a los esfuerzos de flexión debido a la doble curvatura o formas cóncavas y convexas a la vez. Mediante la experimentación, al igual que los grandes maestros de la arquitectura de épocas pasadas, empleando modelos a escala real encontraría el camino más adecuado para capacitarse y lograr concretar sus innovadoras formas, entre ellas su famoso “paraguas invertido”, modelo creado a partir de la unión de cuatro partes de paraboloides hiperbólicos apoyados en un único soporte, logrando integrar sus reducidos espesores con las brucas nervaduras expuestas de otros prototipos anteriores, dotándolas de una ligereza y bordes limpios que notaban claramente unas nuevas formas. Sin embargo, sus primeros modelos de paraguas experimentales presentaron fallas, reflejadas en los bordes con deflexiones de hasta 5 centímetros, así como la presencia de vibraciones debido a fuertes vientos y que pudieron ser corregidos posteriormente al aumentar la flecha del paraguas superando a las de 1 metro, que inicialmente se plantearon sobre una planta cuadrada proyectada de 10 x 10 metros con espesores de 4 centímetros (32).

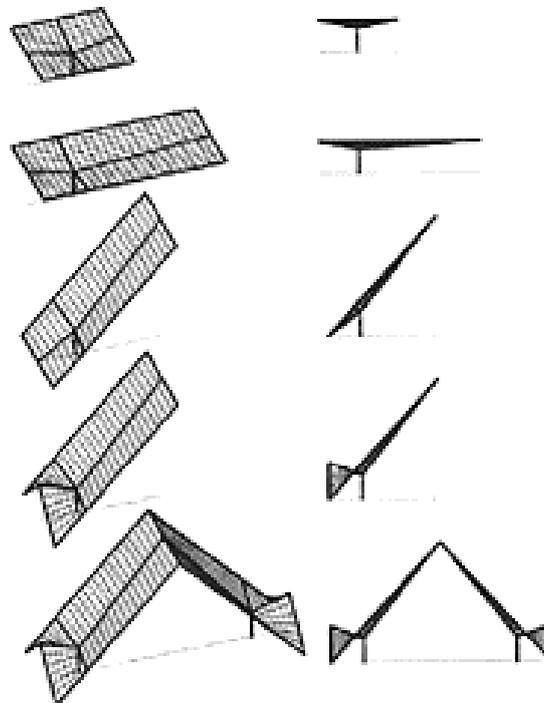
Figura 2.33. Paraguas experimental



Fotografía de prueba de carga con los operarios del paraguas experimental de escala real.
Tomada de Félix Candela Centenario, 2010 (32 p. 78).

Posteriormente, ya con mayor experiencia, construye en México la iglesia de la Medalla de la Milagrosa; empleando la geometría del paraboloide hiperbólico o hyper, mediante la deformación del paraguas original, consigue integrar un nuevo módulo entre dos paraguas, ambos asimétricos e inclinados, donde sus lados se prolongan hasta converger e integrarse en el vértice más alto y sumados a sus soportes alabeados permiten contener un espacio arquitectónico continuo de imagen escultórica (32).

Figura 2.34. Deformación de paraguas



Esquema de las deformaciones empleadas para la iglesia de la Medalla de la Milagrosa, en México. Tomada de Félix Candela Centenario, 2010 (32 p. 204).

2.3.4. CUBIERTA DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO REPSOL

Figura 2.35. Cubiertas de la estación Repsol



Fotografía de las cubiertas distribuidas en las instalaciones de las estaciones Repsol. Tomada de *Foster + Partners* (58).

El arquitecto Norman Foster presentó un nuevo diseño de las estaciones de servicio Repsol, donde muestra un modelo de cubierta innovadora para las gasolineras, cuya forma asemeja a la de una pirámide invertida de planta cuadrada de 11.20 metros de lado, que varía de altura y número en los distintos sitios propuestos por todo España. Cada módulo consta de una estructura de acero galvanizado, contraplacada como forma de piel a la vez con paneles de aluminio compuesto de colores brillantes propios de la empresa, tomados del diseño gráfico de la imagen creada por José Cruz Novillo, donde se percibe siempre el módulo con el color rojo por encima de los de color amarillo y anaranjado; y que, al mismo tiempo, gana una clara identidad e identificación con sus usuarios (58) (59).

La superposición de paraguas permite proteger las instalaciones de la intemperie, añadido con un drenaje simple integrado que permite evacuar las aguas pluviales (58).

2.3.5. CUBIERTA DEL PABELLÓN DE LOS HEXÁGONOS

Una de las obras más emblemáticas de los arquitectos Ramón Vázquez y José Corrales, por el valor histórico que representa para España, fue el Pabellón de los Hexágonos, presentado para la Exposición Universal en Bruselas en 1958, donde ganó el primer premio como mejor edificio español de la era moderna. Además, debido a la necesidad de recuperar la construcción y con ello parte de la inversión económica, el diseño exigía una vez finalizada la exposición que fuera desmontable para que luego se pudiera trasladar al recinto de la Casa de Campo en Madrid, lugar donde permanece hasta la actualidad en total descuido. Así

mismo, el arquitecto Corrales mencionó que cuando fue trasladado por obligación de Bruselas a Madrid, algo no volvió y perdió su esencia y valor, y, lamentablemente, como al pabellón no se le encontró ningún uso, su destino inevitable era la ruina (60) (61).

Figura 2.36. Pabellón de los Hexágonos



Fotografía interior del Pabellón de los Hexágonos, de Bruselas. Tomada de *CIRCARQ*, 2020 (62).

El diseño original está constituido por 130 paraguas de planta hexagonal de 2.95 metros de lado, que se asemeja al panal de las abejas. Este módulo le permitió variar con las alturas y adaptarse con los desniveles que llegaban hasta los 6 metros desde el centro hacia los límites, además de integrarse con la vegetación existente y perderse con la colina, construidos con un soporte metálico central de 10 centímetros de diámetro y altura de entre 3.5 y 9 metros, que, además de sostén, permitían desaguar las precipitaciones conectados por seis piezas dobles donde reposaban las ménsulas, cuyo relleno de las plementerías eran de fibra de madera y planchas de cemento cubiertos con láminas de aluminio (63).

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Arco meridiano y anillo paralelo

Es característico de las superficies de doble curvatura donde el arco meridiano es la “línea curva descrita por una sección vertical cortada por el eje de una superficie de revolución” y el anillo paralelo es la “línea circular descrita por una sección horizontal cortada perpendicularmente al eje de una superficie de revolución” (26 p. 76).

Calidad de agua

Es la suma de condiciones del agua que debe cumplir mediante parámetros diferenciados de acuerdo con el tipo de uso; por ejemplo, para uso doméstico, de riego, fines industriales, entre otros (64).

Coefficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía “es la relación entre la cantidad de agua escurrida y la cantidad de agua precipitada. Se expresa en porcentaje” (35 p. 75).

Contrafuerte y pináculo

El contrafuerte, también denominado estribo o machote, es el elemento estructural de gran peso ubicado en la parte exterior de una edificación, generalmente empleada en la arquitectura clásica para soportar los empujes horizontales de las bóvedas y cúpulas; en la arquitectura gótica, por ejemplo, para ganar más peso se remataba con un pináculo sobre los contrafuertes, así estos elementos juntos permitían redirigir los empujes y hacerlos más verticales (26).

Cultura del agua

Se refiere al trabajo de toda la sociedad para fomentar la importancia del agua para los seres vivos mediante programas y acciones de sensibilización, conciencia y valoración que estimulen el uso eficiente (65).

Ecotecnias

Frente a las tecnologías generadas desde la revolución industrial, altamente contaminantes y movidas principalmente por el petróleo y sus derivados, peligrosos por sus altas emisiones de carbono que impactan en el ecosistema global, nace la preocupación de personas y organizaciones por el medio ambiente y la búsqueda del desarrollo sostenible, apoyándose en una alternativa tecnológica más amigable con el entorno. Barret (citado en Ortiz et al.,

2014) definió la ecotecnología como “el diseño, construcción, operación y gestión (es decir, la ingeniería) de estructuras paisajísticas/acuáticas y sus comunidades de plantas y animales asociadas (es decir, ecosistemas) para beneficiar a la humanidad y, a menudo, a la naturaleza” (66 p. 10).

Escorrentía superficial

La escorrentía superficial es “aquella parte del agua precipitada sobre la superficie del suelo, que se abre camino hacia el cauce de una corriente sin filtrarse en el suelo” (64).

Escorrentía

Ocurre desde el instante que el suelo es saturado por la precipitación y disminuye su capacidad de infiltración; de esta manera, el agua resbala por la superficie terrestre. También es llamado escurrimiento (33).

Espacio público

El espacio público junto con las vías peatonales y vehiculares son los que estructuran y ordenan la ciudad; en este espacio se reconoce a todos los individuos por igual, sin importar la raza, religión, estrato social, sexo, edad, etc., donde los encuentros y expresiones de cualquier tipo son su esencia. Así mismo, el espacio público es considerado el más importante del urbanismo, un lugar físico, simbólico y político, donde se hacen posibles y visibles las grandes hazañas de la historia de las sociedades y también reflejan y evidencian los problemas de injusticia social, desigualdad económica y crisis políticas (67).

Estación meteorológica automática

Es una estación automatizada y autónoma, cuyas características le permiten prescindir de una persona para el monitoreo; además, es ideal para lugares distantes e inhóspitos (41).

Estación meteorológica convencional

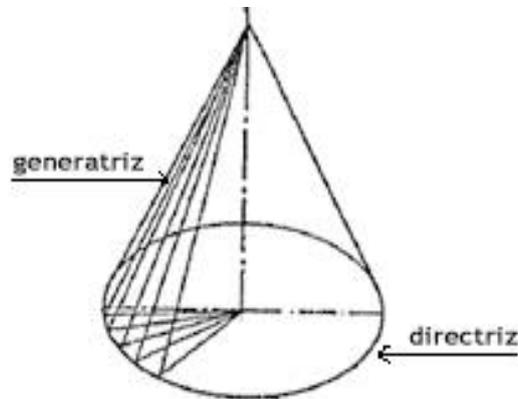
Está dedicada a cuantificar y registrar periódicamente las diferentes variables meteorológicas, permitiendo usar dichos datos para elaborar estudios climáticos y pronósticos meteorológicos. Su control se hace manualmente a través de una persona (41).

Generatriz y directriz

La generatriz es el “elemento que engendra una figura geométrica, en especial una línea recta que engendra una superficie al desplazarse de una manera determinada”, y una directriz es

una “línea fija que guía el movimiento de una generatriz para describir una curva o superficie” (26 p. 146).

Figura 2.37. Generación de un cono



Línea circular como guía fija (directriz) que genera la superficie del cono por su traslación de una línea recta inclinada (generatriz). Adaptada de Ching (26).

Mansarda

También denominada buhardilla, es una “construcción saliente de una cubierta inclinada, en forma de casilla, cubierta por un tejadillo y que da lugar a una ventana vertical acristalada o a una celosía” (26 p.69) que permite la ventilación e iluminación. Se clasifican en buhardilla en pico, chaflán, de alero, rampante, entre otros (20).

Paraboloide hiperbólico

El paraboloide hiperbólico es una “superficie engendrada deslizando una parábola con la concavidad hacia abajo a lo largo de otra parábola con la concavidad hacia arriba, o deslizando un segmento recto con sus extremos apoyados sobre dos líneas oblicuas” (26 p. 131).

SCALL

Es la sigla de Sistema de Captación/Cosecha de Lluvia, cuya estructura se basa en el trabajo conjunto de sus componentes (superficie, canaletas, tubos, tanques, filtros y otros) a fin de recolectar, almacenar y tratar el agua de lluvia para su posterior uso (45).

Techo mariposa o cubierta en V

Este tipo de cubierta está compuesto por dos planos inclinados que convergen en una arista; forman un ángulo agudo hacia el exterior de la cubierta (68) (26). Así mismo, Anaya Garduño

señaló que en algunas áreas rurales han conseguido potencializar dicha cubierta, a fin de emplearla como sistema de recolección de aguas pluviales, denominándolo techo cuenca, de modo que se instala en la arista una canaleta que dirige el agua hacia un tanque de almacenamiento ubicado generalmente debajo de la cubierta (37).

Uso eficiente del agua

Implica toda actividad o medida que esté relacionada con utilizar el recurso de la mejor manera, hacer más o lo mismo con menos cantidad de agua, permitiendo la conservación de la misma (69).

Volumen de captación

En términos de la normativa peruana, se denominada también volumen de agua captado, que es “la cantidad de agua captada o extraída de la fuente natural del agua” (69). Así mismo, en favor de la presente investigación se considerará también como volumen de agua cosechable, cuyo cálculo es el resultado de multiplicar el área de superficie de captación por la precipitación pluvial de la zona y el coeficiente de captación (45).

Zuncho

El zuncho es el elemento que permite asegurar, mediante un anillo, todas las partes de una estructura; por ejemplo, el zuncho trabaja a tracción contrarrestando los empujes inferiores de una cúpula, impidiendo que esta no se abra (26).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MÉTODO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método empleado en este estudio es el científico, porque sigue un proceso formal y estructurado para abordar a un nuevo conocimiento científico; asimismo, este tipo de investigación, como indican Hernández et al. (2014), en cuanto análisis para el caso de una investigación con enfoque cuantitativo tiene que ser más preciso, llevado a cabo a detalle y con cuidado (8) (70).

3.1.2. ALCANCE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.2.1. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

Este estudio de enfoque cuantitativo toma como estrategia un alcance correlacional, porque pretende obtener conocimiento a partir de la relación que se establece entre dos variables [cubierta urbana sustentable y uso de aguas pluviales], es decir, entender cómo influye la primera variable en relación con la segunda para obtener una explicación parcial (8).

3.1.2.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación es aplicado, porque se basa en información básica fundamentada, y pretende resolver una problemática real [dentro del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca]; además, aceptar o rechazar la hipótesis planteada en este estudio (70).

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es cuasiexperimental de series cronológicas con posprueba y grupo control, debido a que los grupos iniciales son intactos y están establecidos antes de empezar la experimentación, y por ende el grado de validez interna o de control en los grupos es menor por situaciones que el investigador no puede controlar; así mismo, permite manipular intencionalmente la variable independiente o supuesta causa para luego ser medida, analizada y poder ver el supuesto efecto sobre la variable dependiente; además, este efecto para el caso particular de este estudio es de mediano plazo y requiere de varias mediciones. Para la manipulación de la variable independiente se toma el grado mínimo de presencia y ausencia; es decir, un grupo es sometido al estímulo experimental también denominado “grupo experimental”, mientras el otro grupo no tendrá ningún estímulo, “grupo de control”. Este modelo permite determinar la diferencia entre ambos grupos. Su diagramación general es la siguiente: (8).

Diagramación de serie cronológica cuasiexperimental con pospruebas y grupo de control

$$\begin{array}{rcc} G_1 & X & 0\ 0\ 0 \dots \\ G_2 & - & 0\ 0\ 0 \dots \end{array}$$

Donde:

G_1 representa al grupo uno o área de influencia de modelo a escala de la cubierta urbana sustentable.

G_2 representa el grupo dos o área de influencia cerca del modelo a escala de la cubierta urbana sustentable.

X representa el estímulo experimental o variable cubierta urbana sustentable.

— representa la ausencia de estímulo experimental.

0 0 0 ... representan la posprueba o las mediciones.

Siguiendo la diagramación y habiendo obtenido el diseño y construcción del modelo a escala de la cubierta urbana sustentable y del pluviómetro artesanal se conforman los grupos G_1 y G_2 . Estos grupos se ubican estratégicamente en un punto cercano al espacio público Abel Martínez, donde las condiciones por la cercanía permiten, primero, equiparlos con las del espacio público y, segundo, equilibrar G_1 con G_2 en condiciones similares; sin embargo, los investigadores no podrán controlar condiciones como vientos, evaporación, precipitaciones

heterogéneas, entre otras que afectan indirectamente las mediciones. A continuación, el modelo a escala de la cubierta urbana sustentable y el pluviómetro artesanal se instalan respectivamente en G_1 y G_2 ; con esto quedan establecidos el grupo experimental y el grupo de control.

Se prosigue de forma simultánea con el registro de los eventos pluviales ocurridos desde el 1 de diciembre de 2022 hasta el 11 de enero de 2023 en el grupo experimental y grupo de control. El primero permite registrar la capacidad de captación pluvial del modelo a escala de la cubierta urbana sustentable o estímulo experimental; y el segundo, mediante el pluviómetro artesanal permite registrar la precipitación caída en la zona. A su vez, la precipitación caída en la zona multiplicada por las áreas impermeables del espacio público Abel Martínez permitirá estimar la *cantidad total de aguas pluviales desaprovechadas*. De igual forma, la capacidad de captación pluvial del modelo a escala de la cubierta proyectado a la huella de las cubiertas de la propuesta arquitectónica que incluye 3 tipos permitirá estimar la captación pluvial de la propuesta arquitectónica o *cantidad total de agua pluvial recuperada*, y de este modo determinar en porcentajes la relación planteada en los objetivos.

Por otra parte, se realiza la toma de dos muestras M01 y M02 del evento pluvial n.º 18: una del agua pluvial del modelo a escala de la cubierta urbana sustentable y la otra del agua pluvial del pluviómetro artesanal. Los ensayos de laboratorio de las muestras determinarán si la *calidad del agua pluvial de la zona* y la *calidad pluvial captada por el modelo a escala de la cubierta urbana sustentable* son óptimas para el uso destinado; además, se determina si las calidades están dentro de los límites de los estándares de calidad ambiental estipulados en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM (ver Figura 3.1).

Adicionalmente, se establece la viabilidad de la propuesta de cubierta urbana sustentable respecto de su versatilidad durante la temporada lluviosa y seca, iniciando con la recopilación los datos de la precipitación total mensual de los años 1995 al 2019 de la estación meteorológica Santa Ana (disponibles en el portal oficial del Senamhi). Con estos datos divididos entre el número total de años se halla la precipitación media mensual, lo cual junto con las recomendaciones de Anaya según “la cantidad y calidad adecuada de las precipitaciones” (6 p. 53), permiten identificar los meses con temporada lluviosa y temporada seca, mostrando así un panorama con base en datos históricos.

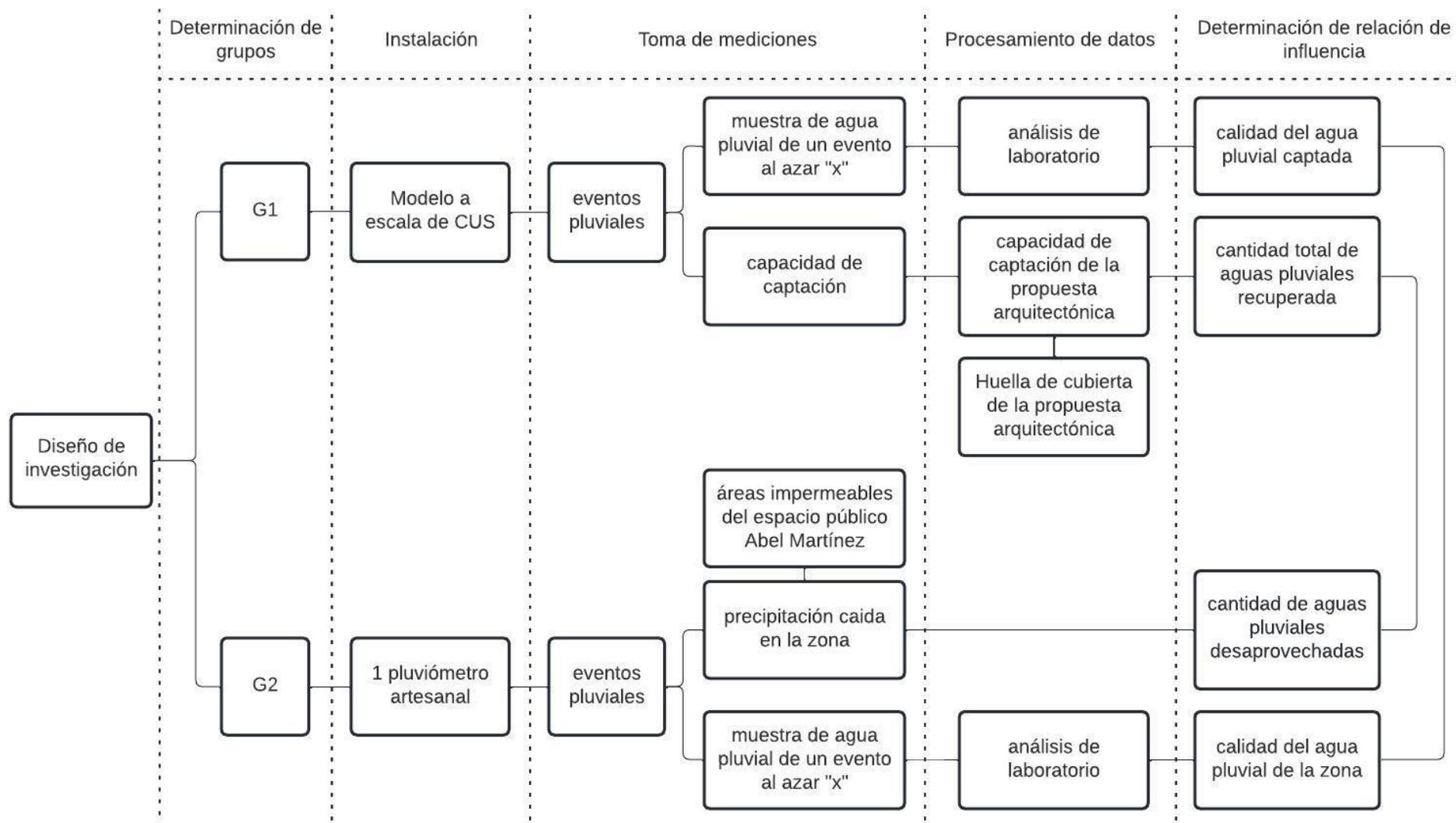
Siguiendo lo anterior, se realiza un análisis de versatilidad de uso en la temporada lluviosa respecto a la captación de aguas pluviales hallando tanto la oferta pluvial como la demanda,

y así definir un balance hídrico que mostrará a su vez el porcentaje de la demanda cubierta por la propuesta arquitectónica.

La oferta se halla a partir de la precipitación neta (datos definitivos considerando el porcentaje de pérdidas por escurrimiento y otras como salpicaduras, evaporación, viento, etc.) multiplicada por la huella de cubierta generada en la propuesta arquitectónica, y la demanda a partir de dotación diaria de agua para riego de áreas verdes por el área permeable; a su vez, multiplicando la cantidad de días de los meses se calculará la demanda mensual. Así también, conociendo el tarifario de la empresa prestadora de servicio SEDAM HYO se puede determinar el valor monetario de ahorro, valor monetario de gasto y valor de gasto disminuido.

Por último, un análisis apoyado del aplicativo Sun Path 3D de proyecciones de sombra dados en los equinoccios y solsticios en la propuesta arquitectónica y junto con el análisis anterior permitirán explicar parcialmente la viabilidad y el funcionamiento de la cubierta urbana sustentable conforme su nivel de adaptabilidad durante todo el año.

Figura 3.1. Diseño de investigación



Esquema de diseño cuasiexperimental de la investigación. Nota: Cubierta Urbana Sustentable (CUS).

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

De acuerdo con las características de la investigación y criterios de los investigadores, la población y muestra es no probabilística de un estudio de caso; es decir, la investigación está constituida por una sola muestra [que es el modelo a escala de la cubierta urbana sustentable y que apoyado en una propuesta general en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca permitirá realizar las proyecciones] (71) (8).

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la investigación se utilizó la técnica de observación experimental de los eventos pluviales captados por el modelo a escala de la cubierta urbana sustentable y el pluviómetro artesanal, lo que permite registrar la capacidad de captación pluvial del modelo a escala y la precipitación caída en la zona, para poder obtener por medio de procesos datos como la cantidad y calidad del agua pluvial.

Además, se empleó la técnica de recopilación de información primaria de las precipitaciones total mensual de la estación meteorológica Santa Ana para determinar la temporada lluviosa y seca, seguido de la técnica de observación para identificar las proyecciones de sombra y luz simuladas de la cubierta urbana sustentable.

3.4.2. INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En la investigación se emplearon instrumentos como: el modelo a escala de la cubierta urbana sustentable, que permitirá registrar cantidad; a su vez, tomar muestras para medir la calidad; un pluviómetro artesanal construido sobre la base de las normas de la Organización Mundial Meteorológica (OMM), que permitirá registrar las precipitaciones de la zona, para medir la calidad; por último, dos ensayos microbiológicos y parasitológicos realizados en un laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (Inacal), que permitirán comprobar la calidad tanto de la zona como de la cubierta urbana sustentable.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los resultados de esta investigación están referidos a los datos y muestras obtenidos durante la experimentación del grupo experimental y grupo de control; además del análisis realizado a partir del registro de precipitaciones de la estación Santa Ana, huellas de techo y proyección de sombras.

Cantidad de aguas pluviales captada por CUS con relación a la cantidad de agua pluvial desaprovechada para el uso de riego de áreas verdes.

Tabla 4.1. Resultado de medidas del espacio público Abel Martínez

ÁREA	VALOR	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Permeable	2298.25	m ²	– zonas con vegetación
Impermeable	6549.55	m ²	– zonas construidas, losa deportiva, zona de juegos, pileta, plazas, caminos, senderos de concreto o asfalto, entre otros.
Área total	8847.80	m ²	-
Perímetro total	406.45	m	-

La Tabla 4.1 y la Figura 4.1. muestran el área total del espacio público Abel Martínez de Chilca con 8847.80 m², donde el área permeable es 2298.25 m², que equivale al 25.98%, y el área impermeable es de 6549.55 m², que equivale al 74.02%.

Figura 4.1. Áreas permeables e impermeables

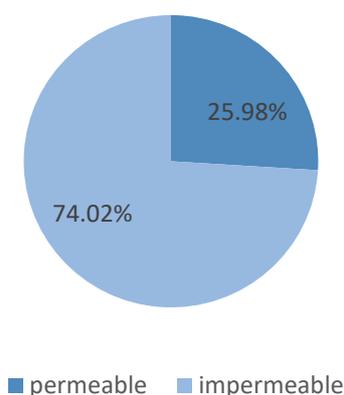
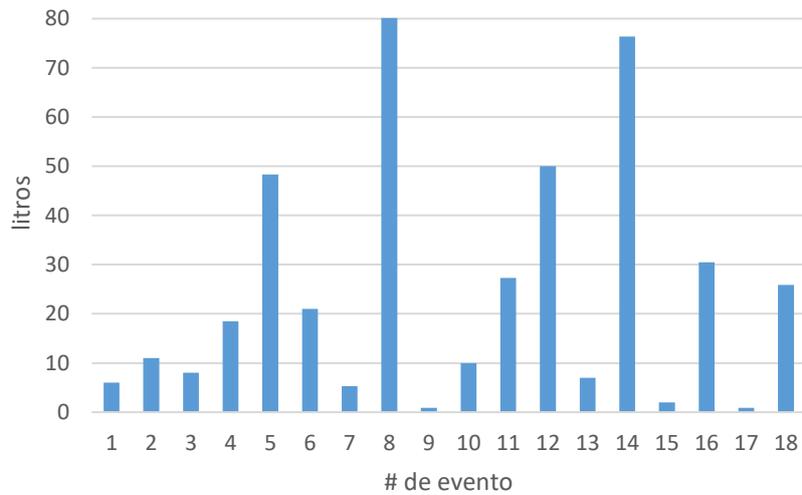


Tabla 4.2. Resumen de precipitaciones registradas del grupo experimental y de control

N° EVENTO PLUVIAL	FECHA DE REGISTRO	CAPTACIÓN PLUVIAL DEL MODELO A ESCALA DE CUS (litros)	PRECIPITACIÓN OFICIAL EN PLUVIÓMETRO ARTESANAL (mm)
01	10-12-22	6.00	14.12
02	12-12-22	11.00	5.81
03	13-12-22	8.00	4.98
04	14-12-22	18.50	8.68
05	15-12-22	48.35	23.23
06	16-12-22	21.00	10.13
07	17-12-22	5.30	3.30
08	18-12-22	80.15	36.49
09	22-12-22	0.90	1.91
10	26-12-22	10.00	5.41
11	27-12-22	27.30	13.86
12	28-12-22	50.00	24.09
13	29-12-22	7.00	3.96
14	31-12-22	76.40	30.36
15	01-01-23	2.00	2.38
16	07-01-23	30.50	18.48
17	10-01-23	0.90	2.44
18	11-01-23	25.90	12.93
Capacidad de captación del modelo a escala de CUS (litros)			429.20
Precipitación total caída en la zona (mm)			222.56

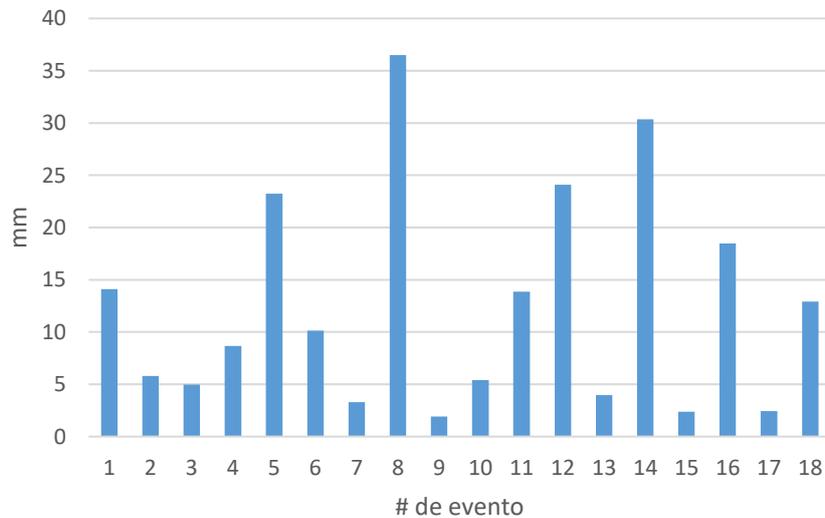
La Tabla 4.2 muestra el resumen de las precipitaciones tomadas en campo tanto del grupo experimental como del grupo control durante el periodo que comprende del 1 de diciembre de 2022 al 11 de enero de 2023 con un total de 18 eventos pluviales registrados, obteniendo una capacidad total de captación del modelo a escala de CUS de 429.20 litros y la precipitación total caída en la zona de 222.56 mm.

Figura 4.2a. Precipitaciones registradas de grupo experimental



La Figura 4.2a. muestra en resumen los 18 eventos pluviales registrados del 1 de diciembre de 2022 al 11 de enero de 2023 por el modelo a escala de CUS, donde se observa la mayor cantidad captada en el evento 8 con 80.15 litros y la menor cantidad captada en los eventos 9 y 17 con 0.90 litros.

Figura 4.2b. Precipitaciones registradas de grupo control



La Figura 4.2b. muestra la precipitación oficial del pluviómetro artesanal, con un total de 18 eventos pluviales registrados del 1 de diciembre de 2022 al 11 de enero de 2023, donde se observa la mayor precipitación captada en el evento 8 con 36.49 mm y la menor cantidad captada en el evento 9 con 1.91 mm.

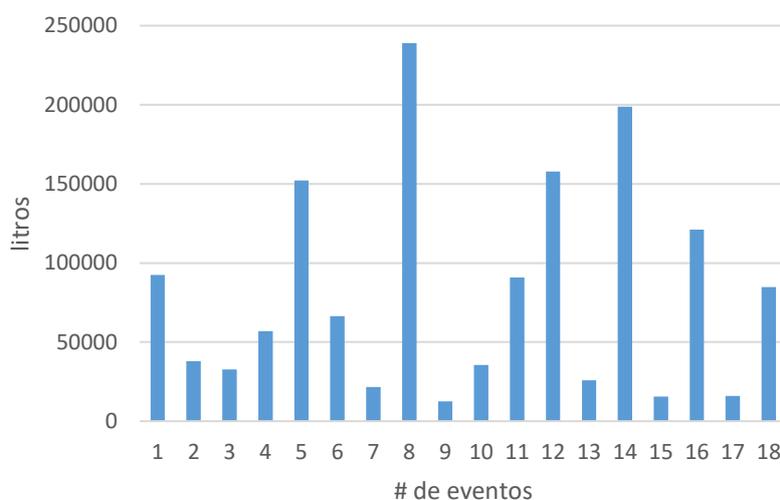
Nota: Entre ambos grupos se observa un comportamiento homogéneo en cuanto proporción, es decir, cuando en un evento cualquiera registrado tiende a incrementarse o reducir el otro grupo tiende a seguirlo.

Tabla 4.3. Cantidad de agua pluvial desaprovechada

N° EVENTO PLUVIAL	PRECIPITACIÓN OFICIAL EN PLUVIÓMETRO ARTESANAL (mm)	ÁREA IMPERMEABLE DEL ESPACIO PÚBLICO ABEL MARTÍNEZ (m ²)	AGUA PLUVIAL DESAPROVECHADA (litros)
01	14.12	6549.55	92479.65
02	5.81	6549.55	38052.89
03	4.98	6549.55	32616.76
04	8.68	6549.55	56850.09
05	23.23	6549.55	152146.05
06	10.13	6549.55	66346.94
07	3.30	6549.55	21613.52
08	36.49	6549.55	238993.08
09	1.91	6549.55	12509.64
10	5.41	6549.55	35433.07
11	13.86	6549.55	90776.76
12	24.09	6549.55	157778.66
13	3.96	6549.55	25936.22
14	30.36	6549.55	198844.34
15	2.38	6549.55	15587.93
16	18.48	6549.55	121035.68
17	2.44	6549.55	15980.90
18	12.93	6549.55	84685.68
Cantidad total de agua pluvial desaprovechada (litros)			1457667.85
Cantidad total de agua pluvial desaprovechada (m ³)			1457.67

La Tabla 4.3. muestra el agua pluvial desaprovechada a partir de la precipitación oficial del pluviómetro artesanal multiplicada por el área impermeable del espacio público Abel Martínez; también se obtiene la cantidad total de agua pluvial desaprovechada de 1'457,667.85 litros equivalentes a 1457.67 m³.

Figura 4.3. Cantidad de agua pluvial desaprovechada



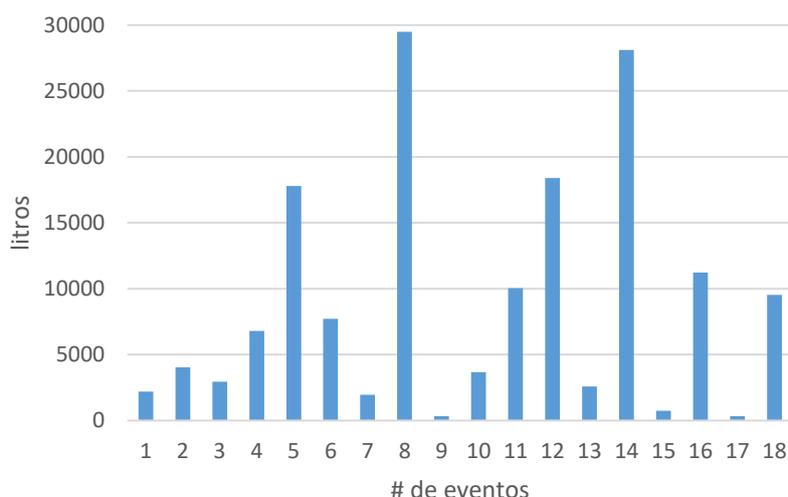
La Figura 4.3. muestra la cantidad en litros de agua pluvial desaprovechada, captada del 1 de diciembre de 2022 al 11 de enero de 2023, donde en el evento 8 se obtiene un tope máximo de 238,993.08 litros, equivalentes a 238.99 m³.

Tabla 4.4. Cantidad de agua pluvial recuperada

N° EVENTO PLUVIAL	CAPTACIÓN PLUVIAL DE MODELO A ESCALA DE CUS (litros)	CAPTACION PLUVIAL DE LA PROPUESTA ARQUITECTÓNICA (litros)	AGUA PLUVIAL RECUPERADA (litros)
01	6.00	2207.81	2207.81
02	11.00	4047.66	4047.66
03	8.00	2943.75	2943.75
04	18.50	6807.43	6807.43
05	48.35	17791.31	17791.31
06	21.00	7727.35	7727.35
07	5.30	1950.24	1950.24
08	80.15	29492.73	29492.73
09	0.90	331.17	331.17
10	10.00	3679.69	3679.69
11	27.30	10045.56	10045.56
12	50.00	18398.46	18398.46
13	7.00	2575.78	2575.78
14	76.40	28112.84	28112.84
15	2.00	735.94	735.94
16	30.50	11223.06	11223.06
17	0.90	331.17	331.17
18	25.90	9530.40	9530.40
Huella de cubierta de modelo a escala de CUS (m²)			3.24
Huella de cubierta de propuesta arquitectónica (m²)			1192.22
Cantidad total de agua pluvial recuperada (litros)			157932.35
Cantidad total de agua pluvial recuperada (m³)			157.93

La Tabla 4.4. muestra el agua pluvial recuperada a partir de la proyección de la captación de modelo a escala de CUS a la huella de cubierta de la propuesta arquitectónica, donde se obtiene la cantidad total de agua pluvial recuperada de 157,932.35 litros, equivalentes a 157.93 m³.

Figura 4.4. Cantidad de agua pluvial recuperada

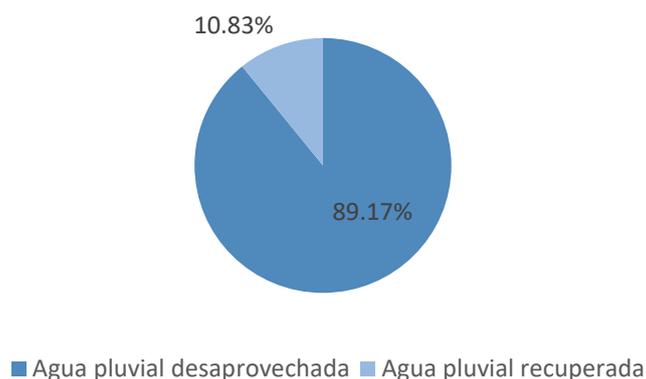


La Figura 4.4. muestra la cantidad en litros de agua pluvial recuperada por evento, donde el pico máximo se da en el evento 8 con 29,492.73 litros y los mínimos en los eventos 9 y 17 con 331.17 litros.

Tabla 4.5. Resumen de cantidad total de agua pluvial desaprovechada y cantidad total de agua pluvial recuperada

N° DE EVENTOS PLUVIALES	CANTIDAD TOTAL DE AGUA PLUVIAL DESAPROVECHADA		CANTIDAD TOTAL DE AGUA PLUVIAL RECUPERADA	
	litros	m ³	Litros	m ³
18	1457667.85	1457.67	157932.35	157.93

Figura 4.5. Resumen en porcentajes de la cantidad total de agua pluvial desaprovechada y cantidad total de agua pluvial recuperada



La Tabla 4.5. y Figura 4.5. muestran el resumen de la cantidad total de agua pluvial desaprovechada y la cantidad total de agua pluvial recuperada, donde 1457.67 m³ equivalen al total de agua desaprovechada y 157.93 m³ equivalen al 10.83% de agua recuperada del 1 de diciembre de 2022 al 11 de enero de 2023 de un total de 18 eventos pluviales registrados.

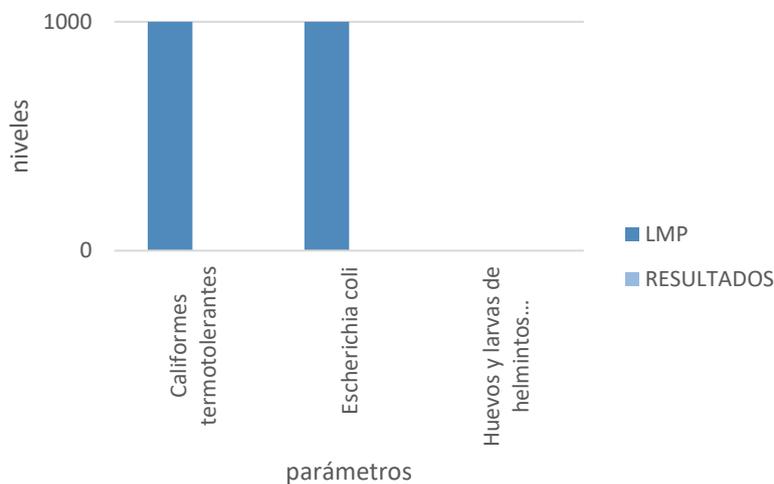
Calidad de agua pluvial captada por CUS y calidad del espacio público Abel Martínez

Tabla 4.6. Resultados de ensayo microbiológico y parasitológico de grupo experimental M01

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LMP
MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICO			
– Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2	1000
– <i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	<1.8	1000
– Huevos y larvas de helmintos	Huevo/L	<1	1

En la Tabla 4.6. se observan los resultados del ensayo microbiológico y parasitológico tomado en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. (ver Anexo 1.6) de la muestra M01 del modelo a escala de CUS del evento pluvial n.º 18.

Figura 4.6. Comparación de ensayo de grupo experimental con LMP



La Figura 4.6. muestra la comparativa entre el ensayo microbiológico y parasitológico del grupo experimental con los límites máximos permitidos (LMP).

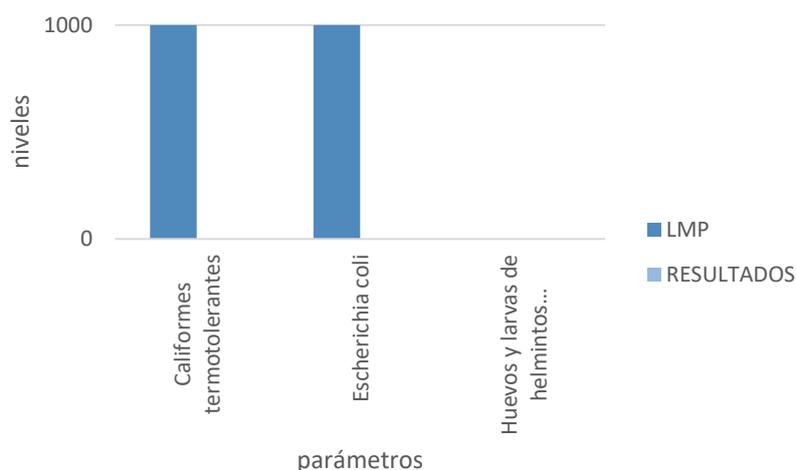
Nota: Se aprecia que los resultados de la muestra M01 están por debajo de los límites máximos permitidos.

Tabla 4.7. Resultados de ensayo microbiológico y parasitológico de grupo de control M02

ANÁLISIS	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LMP
MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICO			
– Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2	1000
– <i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	<1.8	1000
– Huevos y larvas de helmintos	Huevo/L	<1	1

En la Tabla 4.7. se observan los resultados del ensayo microbiológico y parasitológico tomado en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. (ver Anexo 1.6) de la muestra M02 de agua de lluvia del pluviómetro artesanal del evento pluvial n.º 18

Figura 4.7. Comparación de ensayo de grupo de control con LMP



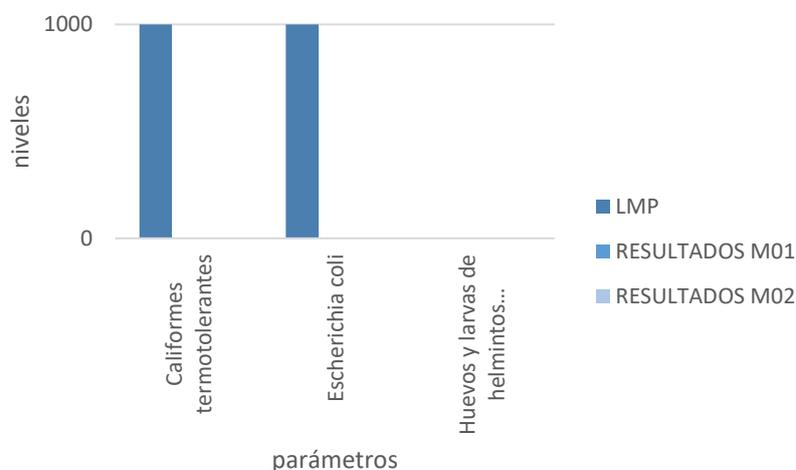
La Figura 4.7. muestra la comparativa entre el ensayo microbiológico y parasitológico del grupo de control con los límites máximos permitidos (LMP).

Nota: Se aprecia que los resultados de la muestra M02 están por debajo de los límites máximos permitidos.

Tabla 4.8. Resumen de ensayo microbiológico y parasitológico de grupo experimental y de control

ANÁLISIS	UNID.	RESULTADOS DE GRUPO EXPERIMENTAL	RESULTADOS DE GRUPO CONTROL	LMP
MICROBIOLÓGICO Y PARASITOLÓGICO				
– Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2	2	1000
– <i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	<1.8	<1.8	1000
– Huevos y larvas de helmintos,	Huevo/L	<1	<1	1

Figura 4.8. Comparación de ensayo de grupo experimental con grupo de control



En la Tabla 4.8. y la Figura 4.8. se observa la diferencia de los resultados de los ensayos microbiológico y parasitológico tomados en el laboratorio Servicios Analíticos Generales S.A.C. de la muestra de agua de lluvia del módulo a escala de CUS o M01 y del pluviómetro artesanal o M02 del evento pluvial n.º 18; no se encontraron diferencias y ambos se encontraban por debajo de los parámetros máximos permitidos de los estándares de calidad ambiental del agua para riego no restringido, referenciados en el Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM.

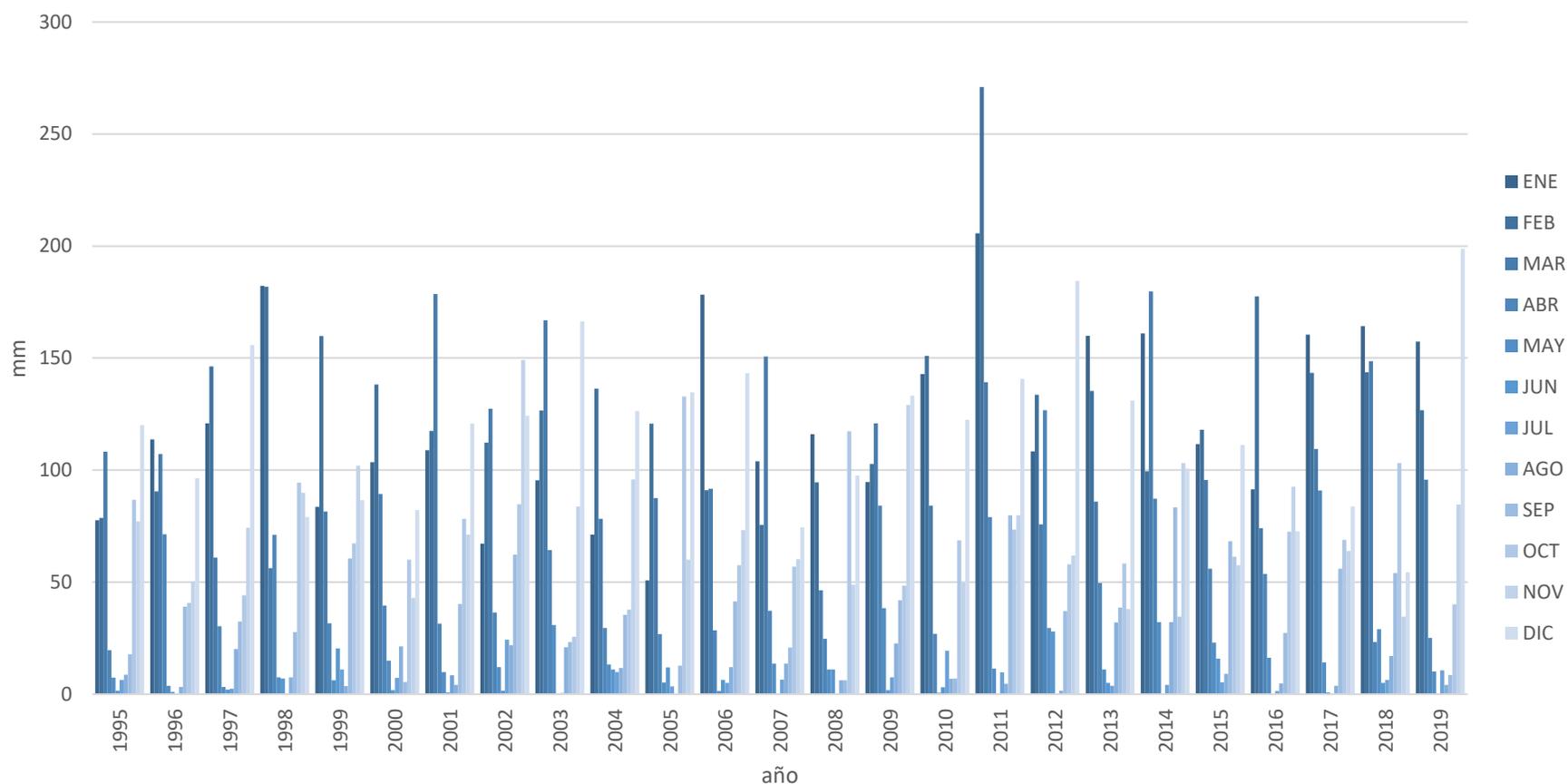
Versatilidad de diseño propuesto de CUS en la temporada lluviosa y seca

Tabla 4.9. Precipitación histórica de 1995 al 2019 de la estación Santa Ana

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
1995	77.6	78.7	108.2	19.6	7.4	1.5	6.4	8.7	17.8	86.7	77.1	120.1
1996	113.7	90.5	107.2	71.4	3.8	1.0	0.0	3.3	39.1	40.7	50.3	96.4
1997	120.9	146.3	60.9	30.3	3.3	2.1	2.4	20.2	32.4	44.2	74.2	155.8
1998	182.3	181.9	56.3	71.1	7.6	7.0	0.0	7.6	27.7	94.4	89.9	79.1
1999	83.6	159.8	81.5	31.6	6.2	20.4	11.1	3.6	60.5	67.4	102.0	86.6
2000	103.6	138.2	89.3	39.6	15.0	1.8	7.3	21.4	5.5	60.1	43.0	82.2
2001	108.9	117.5	178.6	31.5	9.9	0.8	8.4	4.1	40.2	78.3	71.3	120.7
2002	67.2	112.3	127.4	36.5	12.1	1.5	24.3	21.9	62.2	84.8	149.1	124.2
2003	95.5	126.6	166.9	64.3	30.9	0.0	0.5	21.0	23.3	25.7	83.8	166.4
2004	71.3	136.4	78.3	29.5	13.3	11.0	9.9	11.7	35.4	37.7	95.9	126.4
2005	50.8	120.8	87.5	26.8	5.2	12.0	3.5	0.4	12.8	132.8	60.0	134.7
2006	178.3	91.0	91.7	28.5	1.4	6.4	5.1	12.1	41.4	57.6	73.2	143.3
2007	104.0	75.5	150.7	37.2	13.7	0.0	6.5	13.6	20.8	56.9	60.3	74.5
2008	116.0	94.5	46.3	24.7	11.0	11.1	0.0	6.2	6.2	117.4	48.9	97.5
2009	94.7	102.8	120.9	84.2	38.4	1.8	7.6	22.6	41.9	48.4	129.1	133.2
2010	142.9	151.0	84.1	26.9	0.7	3.1	19.4	6.9	7.0	68.7	49.8	122.4
2011	205.7	271.0	139.2	79.1	11.5	0.0	9.8	4.7	79.9	73.4	79.9	140.7
2012	108.4	133.6	75.8	126.7	29.5	28.0	0.0	1.5	37.1	58.0	61.8	184.5
2013	160.0	135.4	85.9	49.6	11.1	5.0	3.7	32.0	38.7	58.3	38.0	131.0
2014	161.0	99.5	179.7	87.3	32.1	0.3	4.2	32.1	83.4	34.6	103.1	100.7
2015	111.6	118.0	95.6	56.0	23.1	15.9	5.3	9.1	68.3	61.3	57.5	111.2
2016	91.5	177.6	74.1	53.6	16.3	0.0	1.4	4.8	27.4	72.5	92.6	72.7
2017	160.5	143.4	109.4	90.9	14.2	0.8	0.0	3.8	56.0	68.9	63.9	83.8
2018	164.2	143.7	148.6	23.3	29.0	5.1	6.4	17.1	54.1	103.2	34.7	54.4
2019	157.3	126.8	95.7	25.1	10.1	0.0	10.7	4.1	8.6	40.1	84.7	198.8

La Tabla 4.9. muestra el registro de las precipitaciones totales mensuales ocurridas entre los años 1995 y 2019 (25 años) de la estación meteorológica Santa Ana tomado del portal oficial del Senamhi (41).

Figura 4.9. Comportamiento de precipitaciones históricas



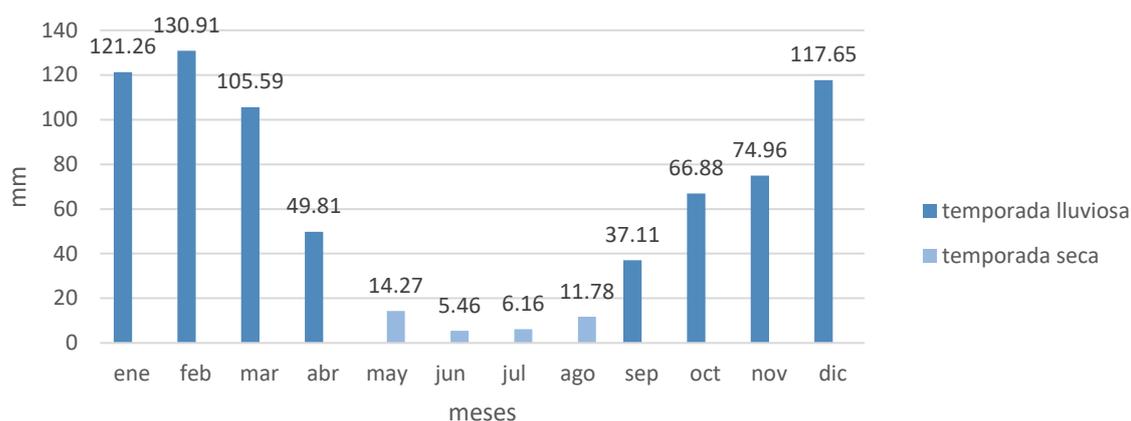
La Figura 4.9. muestra el comportamiento de las precipitaciones registradas por meses desde 1995 a 2019 por la estación meteorológica Santa Ana, demostrando que, si bien no existe una diferencia marcada por cada mes durante los 25 años, los eventos presentan una variación; por ejemplo: en el mes de enero se tienen precipitaciones mínimas de 50.8; 67.2; 71.3 mm y máximas de 178.3; 182.3; 205.7 mm, salvo el único evento anómalo registrado en el año 2011 en el mes de febrero con una precipitación de 271.0 mm.

Tabla 4.10. Precipitación media mensual de la estación Santa Ana

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
121.26	130.91	105.59	49.81	14.27	5.46	6.16	11.78	37.11	66.88	74.96	117.65

La Tabla 4.10. muestra la precipitación media mensual a partir de los registros de 25 años atrás de la estación meteorológica Santa Ana.

Figura 4.10. Identificación de temporada lluviosa y seca



En la Figura 4.10 se observa que en los meses de enero, febrero, marzo, abril, setiembre, octubre, noviembre y diciembre las precipitaciones medias mensuales son superiores a 30 mm, es decir, meses donde es factible captar las aguas de lluvia; así también, se observa que en los meses de mayo, junio, julio y agosto las precipitaciones medias mensuales son inferiores de 30 mm, es decir, meses donde no es recomendable captar aguas de lluvias por su baja cantidad y calidad como indicaron Anaya et al. 2020 (6). Nota: A partir de estos datos históricos se identifica la temporada lluviosa y seca.

Tabla 4.11. Precipitación pluvial neta temporada lluviosa

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Precipitación media mensual (mm)	121.26	130.91	105.59	49.81	37.11	66.88	74.96	117.65	704.17
Coefficiente escurrimiento (Ce)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Coefficiente de captación (Cc)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Precipitación pluvial neta NP (mm)	97.92	105.71	85.26	40.22	29.97	54.01	60.53	95.00	568.62

En la Tabla 4.11 se observa el cálculo de la precipitación pluvial neta (NP) de la temporada lluviosa a partir de la precipitación media mensual por el coeficiente de escurrimiento 0.95 de acuerdo con la

Tabla 2.2. Toxicidad y coeficiente de escorrentía (Ce) de los materiales, a su vez multiplicado por el coeficiente de captación de valor 0.85 que representa a las pérdidas de agua por salpicaduras, viento, evaporación, entre otras. También se muestra una precipitación pluvial neta anual de 568.62.

Tabla 4.12. Resultado de huella de techo

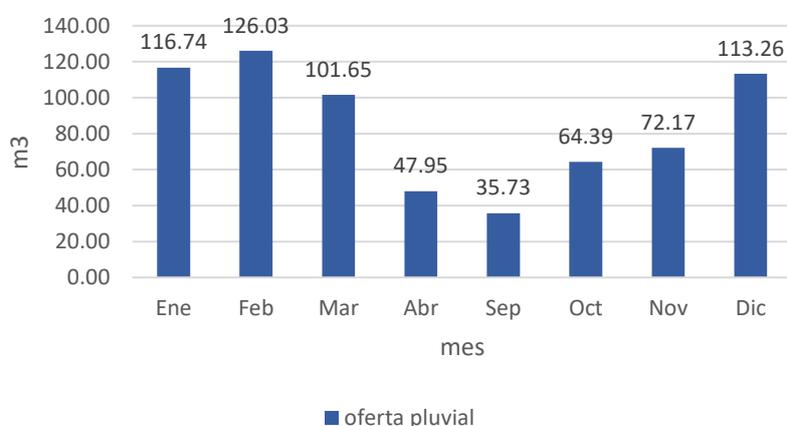
ÍTEM	HUELLA DE TECHO	UNIDAD
Modelo a escala de CUS	3.24	m ²
Cubierta Cu1	12.96	m ²
Cubierta Cu2	19.36	m ²
Cubierta Cu3	29.16	m ²
Propuesta arquitectónica	1192.22	m ²

La Tabla 4.12. muestra las huellas de techo del modelo a escala de CUS con 3.24 m², la cubierta Cu1 con 12.96 m²; cubierta Cu2 con 19.36 m²; cubierta Cu3 con 29.16 m² y propuesta arquitectónica con 1192.22 m² (ver Figura 6.10 y Figura 6.13).

Tabla 4.13. Oferta pluvial

MES	PRECIPITACIÓN PLUVIAL NETA NP (mm)	HUELLA DE PROPUESTA ARQUITECTÓNICA (m ²)	OFERTA PLUVIAL (litros)	OFERTA PLUVIAL (m ³)
Ene	97.92	1192.22	116742.18	116.74
Feb	105.71	1192.22	126029.58	126.03
Mar	85.26	1192.22	101648.68	101.65
Abr	40.22	1192.22	47951.09	47.95
Sep	29.97	1192.22	35730.83	35.73
Oct	54.01	1192.22	64391.80	64.39
Nov	60.53	1192.22	72165.08	72.17
Dic	95.00	1192.22	113260.90	113.26
Oferta pluvial anual			677920.14	677.92

Figura 4.13. Oferta pluvial



La Tabla 4.13 muestra el potencial de captación de la propuesta arquitectónica de la cubierta urbana sustentable a partir del producto de la precipitación pluvial neta por la huella de la propuesta arquitectónica, obteniendo una oferta pluvial anual de 677.92 m³; así también, en la Figura 4.13 se observa la máxima oferta pluvial en el mes de febrero con 126.03 m³ y la mínima en el mes de septiembre con 35.73 m³.

Nota: La oferta pluvial anual se calcula solo de los meses de la temporada lluviosa.

Tabla 4.14. Demanda diaria de agua para riego de áreas verdes

ÁREA PERMEABLE (m ²)	DOTACIÓN DIARIA (litros/m ²)	DEMANDA (litros)	DEMANDA (m ³)
289.22	2	578.44	0.58
292.88	2	585.76	0.59
364.69	2	729.38	0.73
319.91	2	639.82	0.64
187.21	2	374.42	0.37
238.65	2	477.30	0.48
105.57	2	211.14	0.21
103.37	2	206.74	0.21
292.84	2	585.68	0.59
103.91	2	207.82	0.21
Demanda total diaria		4596.50	4.60

La Tabla 4.14. muestra el cálculo de la demanda total de agua diaria para riego a partir del producto del área permeable del espacio público Abel Martínez, por la dotación diaria para riego de áreas verdes, obteniendo un total de 4,573.64 litros, equivalentes a 4.60 m³.

Tabla 4.15. Demanda mensual para riego de áreas verdes

MES	NÚMERO DE DÍAS DEL MES	DEMANDA TOTAL DIARIA (m ³)	DEMANDA MENSUAL (m ³)
Ene	31	4.60	142.60
Feb	28	4.60	128.80
Mar	31	4.60	142.60
Abr	30	4.60	138.00
May	31	4.60	142.60
Jun	30	4.60	138.00
Jul	31	4.60	142.60
Ago	31	4.60	142.60
Sep	30	4.60	138.00
Oct	31	4.60	142.60
Nov	30	4.60	138.00
Dic	31	4.60	142.60

En la Tabla 4.15 se muestra la demanda por meses para riego de áreas verdes a partir del producto del número de días del mes por la demanda total diaria.

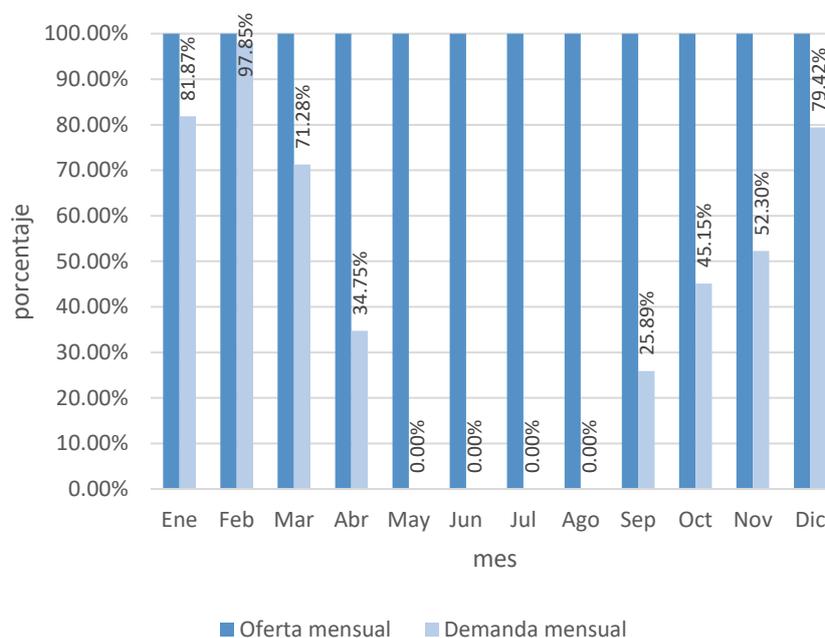
Tabla 4.16. Oferta vs. demanda pluvial

MES	OFERTA PLUVIAL MENSUAL (m ³)	DEMANDA PLUVIAL MENSUAL (m ³)	BALANCE HÍDRICO (m ³)	PORCENTAJE DE DEMANDA CUBIERTA
Ene	116.74	142.60	-25.86	81.87
Feb	126.03	128.80	-2.77	97.85
Mar	101.65	142.60	-40.95	71.28
Abr	47.95	138.00	-90.05	34.75
May	0	142.60	-142.60	0.00
Jun	0	138.00	-138.00	0.00
Jul	0	142.60	-142.60	0.00
Ago	0	142.60	-142.60	0.00
Sep	35.73	138.00	-102.27	25.89
Oct	64.39	142.60	-78.21	45.15
Nov	72.17	138.00	-65.83	52.30
Dic	113.26	142.60	-29.34	79.42

En la Tabla 4.16. se muestra el balance hídrico a partir de la diferencia entre la oferta pluvial mensual con la demanda pluvial mensual.

Nota: Se observa que la oferta pluvial no satisface en ningún mes tanto de la temporada lluviosa como seca.

Figura 4.16. Porcentaje de demanda cubierta



En la Figura 4.16 se observa en porcentaje la demanda cubierta por la oferta, donde el mes de enero se cubre en un 81.87%; febrero en 97.85%; marzo en 71.28%; abril en 34.75%; setiembre en 25.89%; octubre en 45.15%; noviembre en 52.30%; diciembre en 79.42% y en los meses de mayo, junio, julio y agosto por la temporada seca la oferta es nula.

Tabla 4.17. Tarifario de SEDAM Huancayo S.A.

CATEGORÍA	RANGOS (m³/mes)	TARIFA (soles/m³)	
		AGUA	ALCANTARILLADO
No residencial			
Comercial	0 a 30	2.012	0.561
	30 a más	3.153	0.878
Industrial	0 a 50	3.153	0.878
	50 a más	4.792	1.335
Estatal	0 a más	3.153	0.878

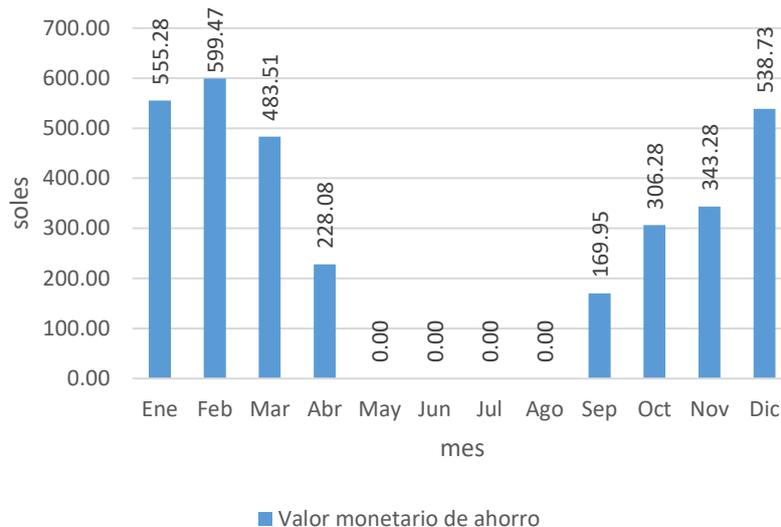
La Tabla 4.17. muestra el tarifario actual para uso no residencial de la EPS SEDAM Huancayo S.A. Tomada de su página oficial (72).

Tabla 4.18. Cálculo de valor monetario de ahorro de agua

MES	OFERTA PLUVIAL MENSUAL (m³)	TARIFARIO (S/.)		IGV 18% (S/)	VALOR MONETARIO DE AHORRO (S/)
		AGUA	ALCANTARILLADO		
Ene	116.74	3.153	0.878	84.70	555.28
Feb	126.03	3.153	0.878	91.44	599.47
Mar	101.65	3.153	0.878	73.76	483.51
Abr	47.95	3.153	0.878	34.79	228.08
May	0.00	3.153	0.878	0.00	0.00
Jun	0.00	3.153	0.878	0.00	0.00
Jul	0.00	3.153	0.878	0.00	0.00
Ago	0.00	3.153	0.878	0.00	0.00
Sep	35.73	3.153	0.878	25.92	169.95
Oct	64.39	3.153	0.878	46.72	306.28
Nov	72.17	3.153	0.878	52.37	343.28
Dic	113.26	3.153	0.878	82.18	538.73
Valor monetario de ahorro anual					3224.58

La Tabla 4.18. muestra el valor monetario de ahorro mensual de la oferta pluvial a partir del valor tarifario de agua y alcantarillado para la categoría "estatal" actual de EPS SEDAM Huancayo S.A. sumado al IGV del 18%. También, se observa un ahorro monetario anual de S/.3224.58.

Figura 4.18. Valor monetario de ahorro de agua



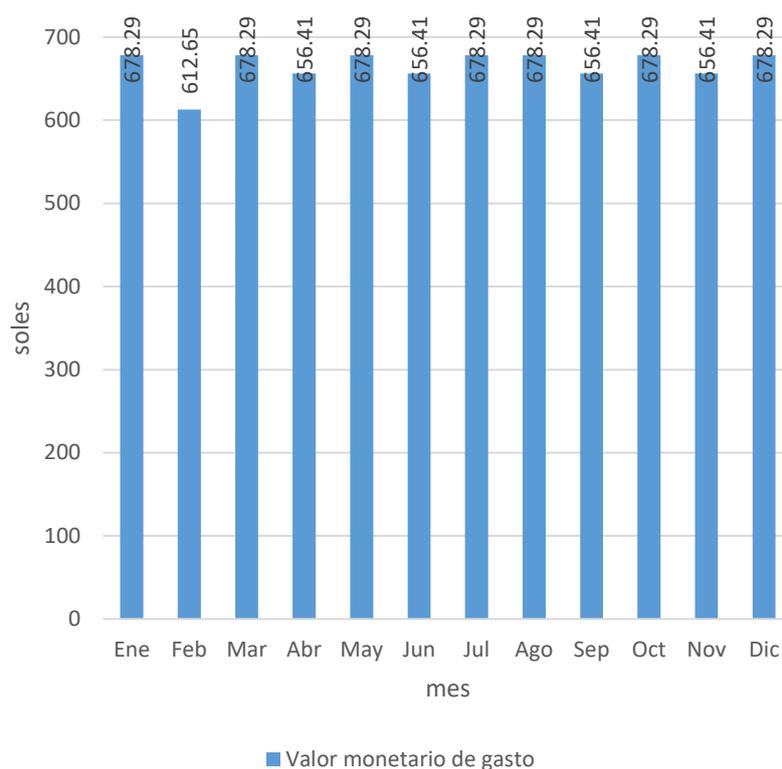
La Figura 4.18. muestra el volumen de ahorro expresado en soles del agua por cada mes; en enero se obtuvo un ahorro de S/ 555.28, en febrero de S/ 599.47, en marzo de S/ 483.51, en abril de S/ 228.08, en setiembre de S/ 169.95, en octubre de S/ 306.28, en noviembre de S/ 343.28, en diciembre de S/ 538.73 y en los meses de temporada seca de S/.0.00.

Tabla 4.19. Cálculo del valor monetario de la demanda para riego de áreas verdes

MES	DEMANDA PLUVIAL MENSUAL (m ³)	TARIFARIO (S/)		IGV 18% (S/)	VALOR MONETARIO DE GASTO (S/)
		AGUA	ALCANTARILLADO		
Ene	142.60	3.153	0.878	103.47	678.29
Feb	128.80	3.153	0.878	93.45	612.65
Mar	142.60	3.153	0.878	103.47	678.29
Abr	138.00	3.153	0.878	100.13	656.41
May	142.60	3.153	0.878	103.47	678.29
Jun	138.00	3.153	0.878	100.13	656.41
Jul	142.60	3.153	0.878	103.47	678.29
Ago	142.60	3.153	0.878	103.47	678.29
Sep	138.00	3.153	0.878	100.13	656.41
Oct	142.60	3.153	0.878	103.47	678.29
Nov	138.00	3.153	0.878	100.13	656.41
Dic	142.60	3.153	0.878	103.47	678.29
Valor monetario de gasto anual (S/)					7986.30

La Tabla 4.19 muestra el valor monetario de gasto por meses de la demanda pluvial a partir del valor tarifario de agua y alcantarillado para la categoría "estatal" actual de EPS SEDAM Huancayo S.A. sumado al IGV del 18%. También, se observa un gasto monetario anual de S/.7986.30.

Figura 4.19. Valor monetario de la demanda para riego de áreas verdes

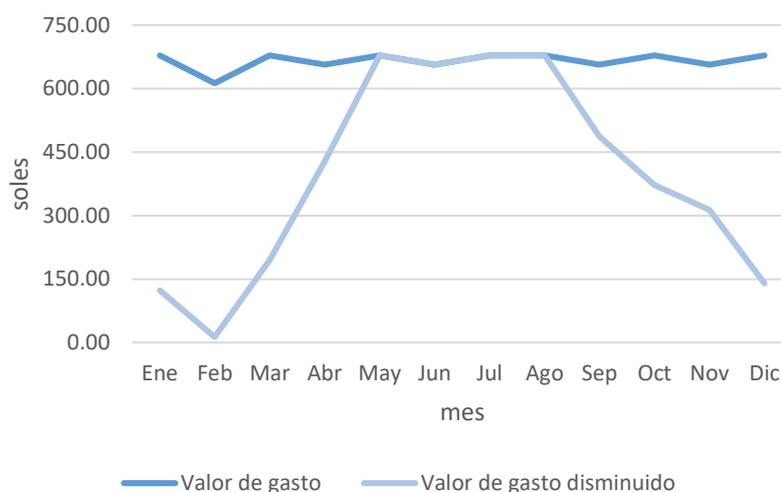


La Figura 4.19 muestra el volumen de gasto expresado en soles del agua por cada mes para riego de áreas verdes; en enero se obtuvo un gasto de S/ 678.29, en febrero de S/ 612.65, en marzo de S/ 678.29, en abril de S/ 656.41, en mayo de S/ 678.29, en junio de S/ 656.41, en julio de S/ 678.29, en agosto de S/ 678.29, en setiembre de S/ 656.41, en octubre de S/ 678.29, en noviembre de S/ 656.41 y en diciembre de S/ 678.29.

Tabla 4.20. Valor de gasto disminuido

MES	VALOR MONETARIO (S/)		
	GASTO	AHORRO	GASTO DISMINUIDO
Ene	678.29	555.28	123.01
Feb	612.65	599.47	13.18
Mar	678.29	483.51	194.78
Abr	656.41	228.08	428.33
May	678.29	0.00	678.29
Jun	656.41	0.00	656.41
Jul	678.29	0.00	678.29
Ago	678.29	0.00	678.29
Sep	656.41	169.95	486.46
Oct	678.29	306.28	372.01
Nov	656.41	343.28	313.13
Dic	678.29	538.73	139.56

Figura 4.20. Valor monetario disminuido del gasto



La Tabla 4.20. y la Figura 4.20 muestran el valor del gasto disminuido para riego de áreas verdes por cada mes a partir del valor monetario de gasto menos el valor monetario de ahorro, donde en el mes de enero el gasto para riego de áreas verdes disminuye a S/ 123.01, en febrero a S/ 13.18, en marzo a S/ 194.78, en abril a S/ 428.33, en setiembre a S/ 486.46, en octubre a S/ 372.01, en noviembre a S/ 313.13, en diciembre a S/ 139.56, y en los meses de mayo, junio, julio y agosto no se observa ninguna disminución debido a la temporada seca.

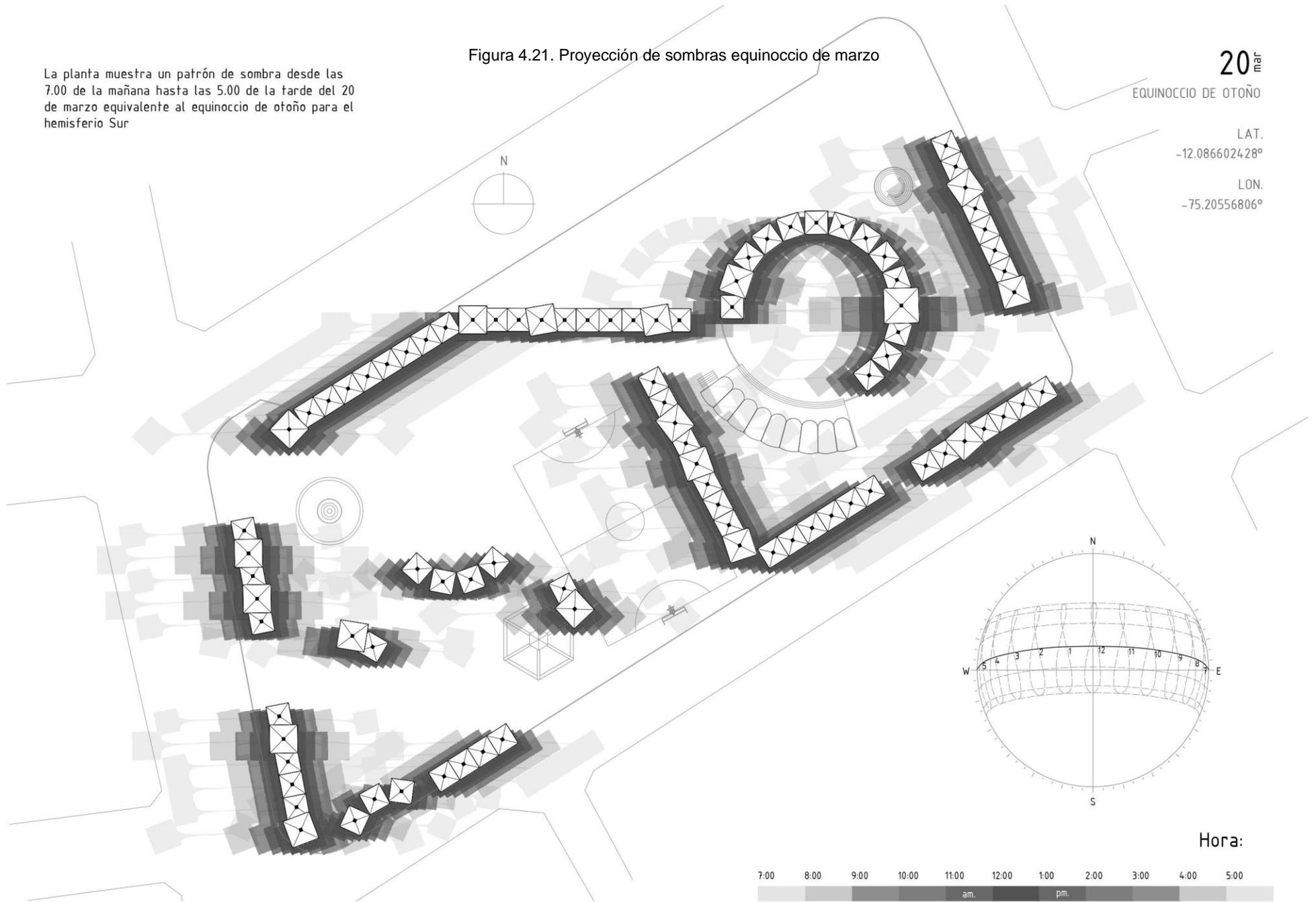
La planta muestra un patrón de sombra desde las 7.00 de la mañana hasta las 5.00 de la tarde del 20 de marzo equivalente al equinoccio de otoño para el hemisferio Sur

Figura 4.21. Proyección de sombras equinoccio de marzo

20^{Mar}
EQUINOCCIO DE OTOÑO

LAT.
-12.086602428°

LON.
-75.20556806°



Hora:



Figura 4.22. Proyección de sombras equinoccio de setiembre

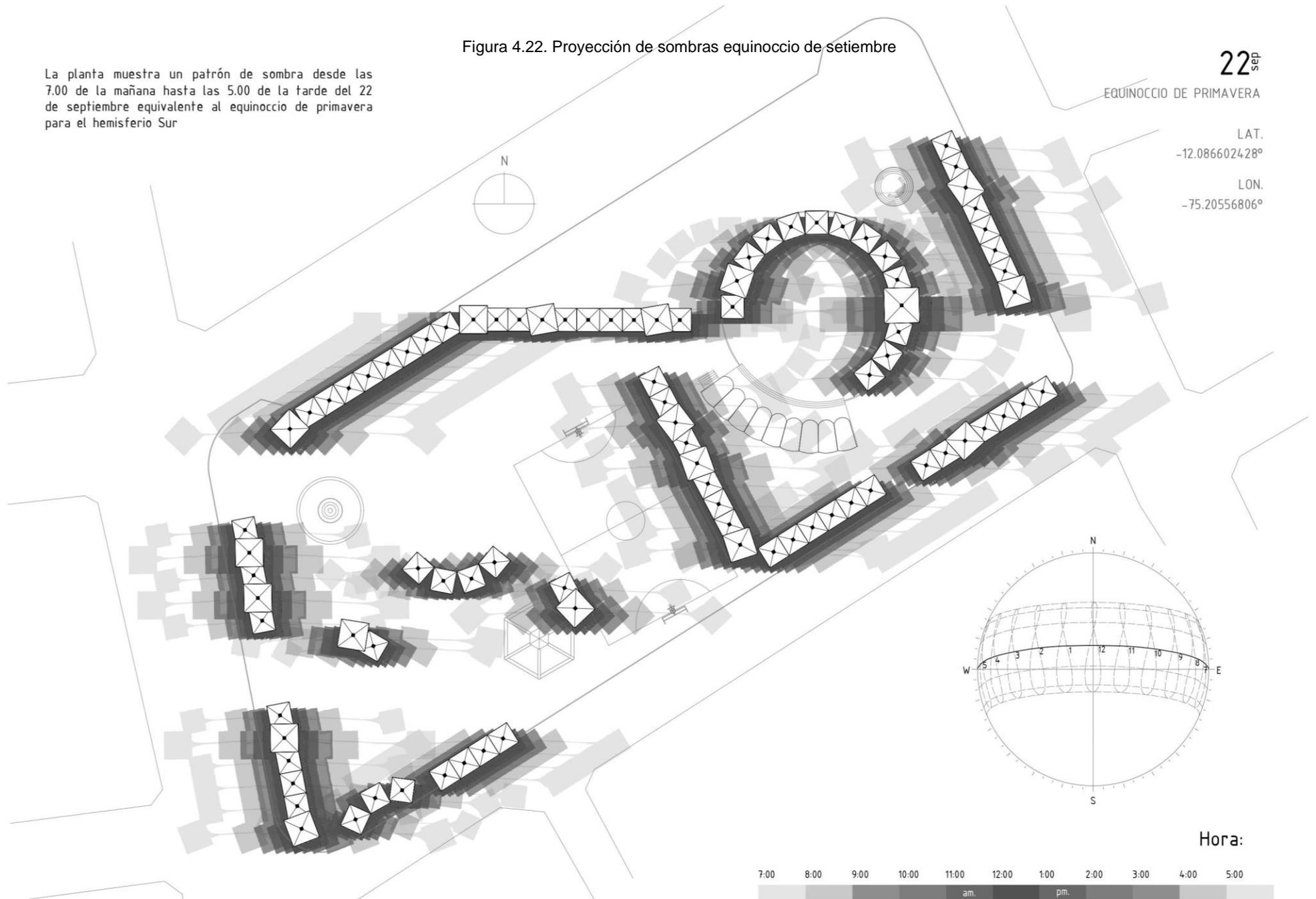
La planta muestra un patrón de sombra desde las 7.00 de la mañana hasta las 5.00 de la tarde del 22 de septiembre equivalente al equinoccio de primavera para el hemisferio Sur

22^{Set}

EQUINOCCIO DE PRIMAVERA

LAT.
-12.086602428°

LON.
-75.20556806°



Hora:

7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 1:00 2:00 3:00 4:00 5:00

am. pm.

Figura 4.23. Proyección de sombras solsticio de junio

La planta muestra un patrón de sombra desde las 7.00 de la mañana hasta las 5.00 de la tarde del 21 de junio equivalente al solsticio de invierno para el hemisferio Sur

21^{to}

SOLSTICIO DE INVIERNO

LAT.
-12.086602428°

LON.
-75.20556806°



Hora:

7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 1:00 2:00 3:00 4:00 5:00
am. pm.

Figura 4.24. Proyección de sombras solsticio de diciembre

La planta muestra un patrón de sombra desde las 7.00 de la mañana hasta las 5.00 de la tarde del 21 de diciembre equivalente al solsticio de verano para el hemisferio Sur

21^{dic}
SOLSTICIO DE VERANO

LAT.
-12.086602428°

LON.
-75.20556806°



4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Después de analizar los resultados obtenidos y de haber sometido a prueba empírica la hipótesis general planteada: “La cubierta urbana sustentable influye favorablemente con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes dentro del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca”, se llega a las siguientes afirmaciones:

Se acepta que la cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce significativamente el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez, debido a que los resultados muestran un porcentaje de recuperación.

Se acepta que la calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y la del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca son óptimas para el riego de áreas verdes, ya que los ensayos de laboratorio indican que cumplen las condiciones para el uso destinado al estar muy por debajo de los parámetros máximos permitidos de los estándares de calidad ambiental para uso no restringido.

Así mismo, se acepta que la versatilidad del diseño propuesto de cubierta urbana sustentable sería viable durante la temporada lluviosa y seca en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca: primero, porque los resultados indican que la cubierta urbana sustentable cubriría un porcentaje de la demanda para riego de áreas verdes en los meses de la temporada lluviosa, y, segundo, porque durante todo el año proveería protección por las sombras a sus usuarios.

4.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En esta investigación los resultados muestran que, en 42 días de un total de 18 eventos pluviales registrados, el modelo a escala de la cubierta urbana sustentable con huella de 3.24 m² captó 0.43 m³ y proyectada a la huella de cubierta de la propuesta arquitectónica de 1192.22 m² recuperó 153.93 m³ de agua pluvial, equivalentes al 10.83% de un total de 1457.67 m³ de agua pluvial desaprovechada en las áreas impermeables del espacio público Abel Martínez. No con el afán de comparar resultados, porque sería incoherente debido a que los eventos pluviales fueron en tiempo, entorno, condición, entre otros, distintos, sino de resaltar el fin propuesto, la investigación de Ortiz y Velandia (2017) también logró recuperar 0.34 m³ en 12 eventos pluviales registrados en 30 días empleando un modelo físico de área 6m² (14).

Esta investigación muestra, también, que la oferta pluvial de la propuesta arquitectónica no satisface la demanda para riego de áreas verdes en su totalidad en enero con 81.87%, febrero con 97.85%, marzo con 71.28%, abril con 34.75%, de mayo a agosto 0%, setiembre con 25.89%, octubre con 45.15%, noviembre con 52.30% y diciembre con 79.42%.

Estos resultados, aunque en entornos y demandas diferentes, guardan relación con las investigaciones de Ortiz y Velandia (2017) y Avelar et al. (2019), quienes tampoco lograron satisfacer la demanda en su totalidad. El primero empleó el área del bloque R 218.7 m² de la Universidad Católica de Colombia para satisfacer solo en un 15.78% la demanda requerida; el segundo empleó las áreas de techo disponibles de las viviendas que no superaban los 50 m², sin lograr satisfacer la demanda requerida por una familia de 4 a 5 integrantes (14) (13).

Por el contrario, Ruiz (2019), empleando un área mayor de 331,694 m², logró satisfacer la demanda para riego de áreas verdes, limpieza y descarga de inodoros en su totalidad, incluso superándola en los meses de enero, febrero y marzo (17).

Por otra parte, en esta investigación los resultados de los ensayos de laboratorio para el análisis microbiológico y parasitológico tanto de las aguas pluviales captadas por la cubierta urbana sustentable, como las captadas en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca muestran una óptima calidad, encontrándose ambos resultados por debajo de los límites máximos permitidos.

Otras investigaciones como la de Ortiz y Velandia realizaron un análisis físico sobre el agua de lluvia captada antes y después de pasar por su modelo, encontrando que la calidad mejora al pasar por su sistema de filtro (14).

Así también, Marangoni (2017) obtuvo que la calidad de agua pluvial captada por la superficie de vidrio y hormigón fue superior a la de tejado de fibrocemento, empleando solamente superficies de distinto material (12).

CAPÍTULO V

PROCESO DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

5.1. PROCESO DE DISEÑO DE MODELO A ESCALA

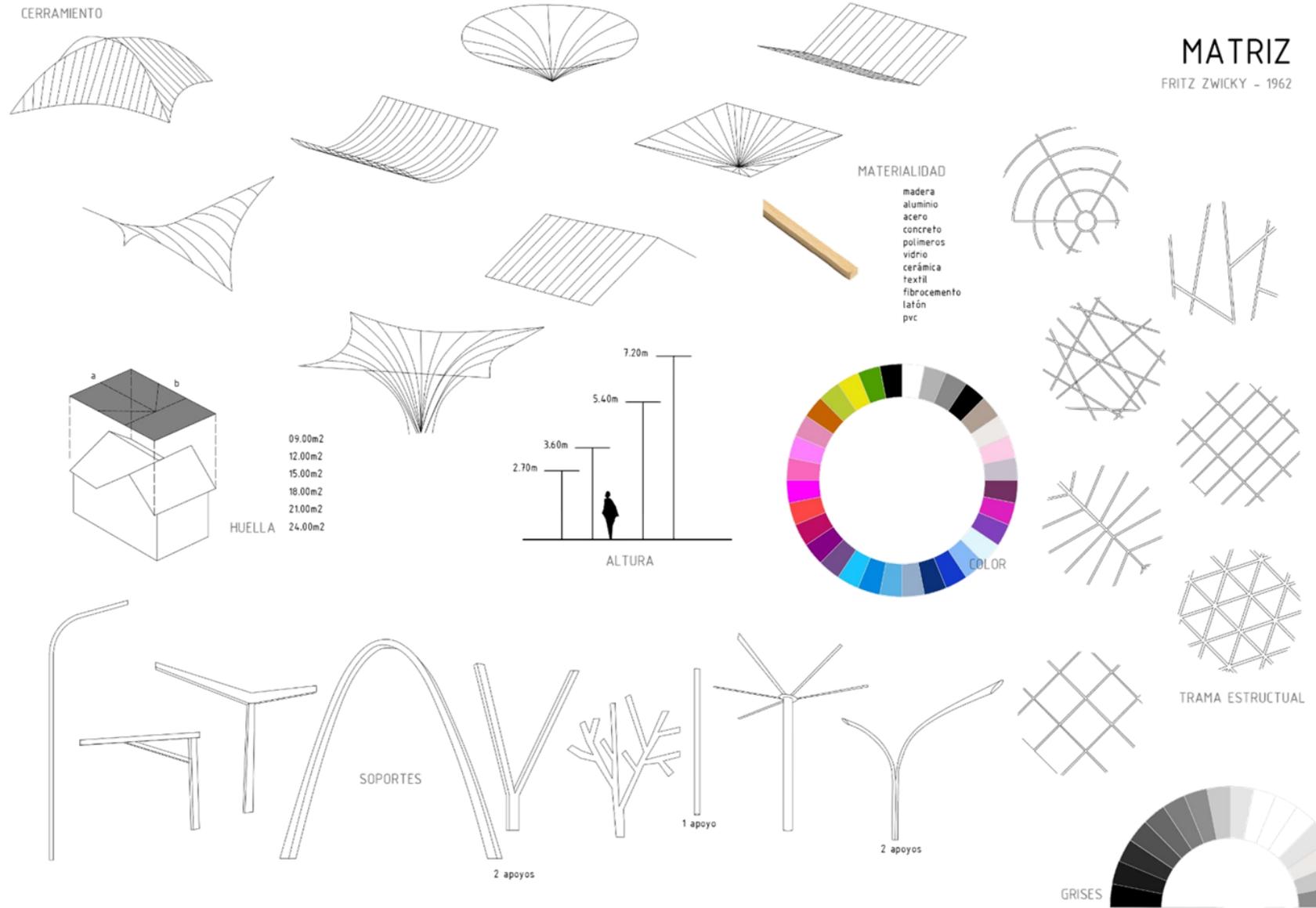
El proceso de diseño de la investigación se basa en el análisis morfológico creado por Fritz Zwicky en 1962, método que emplea como instrumento fundamental una matriz morfológica que surge a partir de descomponer las partes esenciales o básicas del modelo por desarrollar, permitiendo mostrar una variedad de posibilidades a partir de un sinfín de combinaciones posibles, estimulando la creatividad, pensamiento e imaginación del diseñador (73 pp. 103-104; 74 p. 59). Seguidamente, se procede a la búsqueda de combinaciones al azar plasmándolas con apuntes a mano alzada de 5 modelos, para luego evaluarlos aplicando el escalamiento de Likert para medir las actitudes frente a los diseños de cubiertas propuestas a partir de afirmaciones redactadas con base en el Manual de elementos urbanos de Chile, tomo II, y el Manual de la Secretaría del Medio Ambiente de la ciudad de México, Isla Urbana y el Instituto Internacional de Recursos Renovables. El modelo con las mejores posibilidades de ser diseñado y construido será el que obtenga el mayor puntaje.

5.1.1. ANÁLISIS MORFOLÓGICO

5.1.1.1. MATRIZ MORFOLÓGICA

Se construye la matriz morfológica de los componentes o partes básicas de la cubierta como la forma del cerramiento, la trama estructural, el tipo de soporte vertical, el número de apoyos, altura, proyección de la huella de techo, la materialidad y los diferentes colores, que permiten una gran variedad de combinaciones.

Tabla 5.1. Matriz morfológica



5.1.1.2. BÚSQUEDA DE COMBINACIONES

Figura 5.1. Apunte de cubierta inclinada

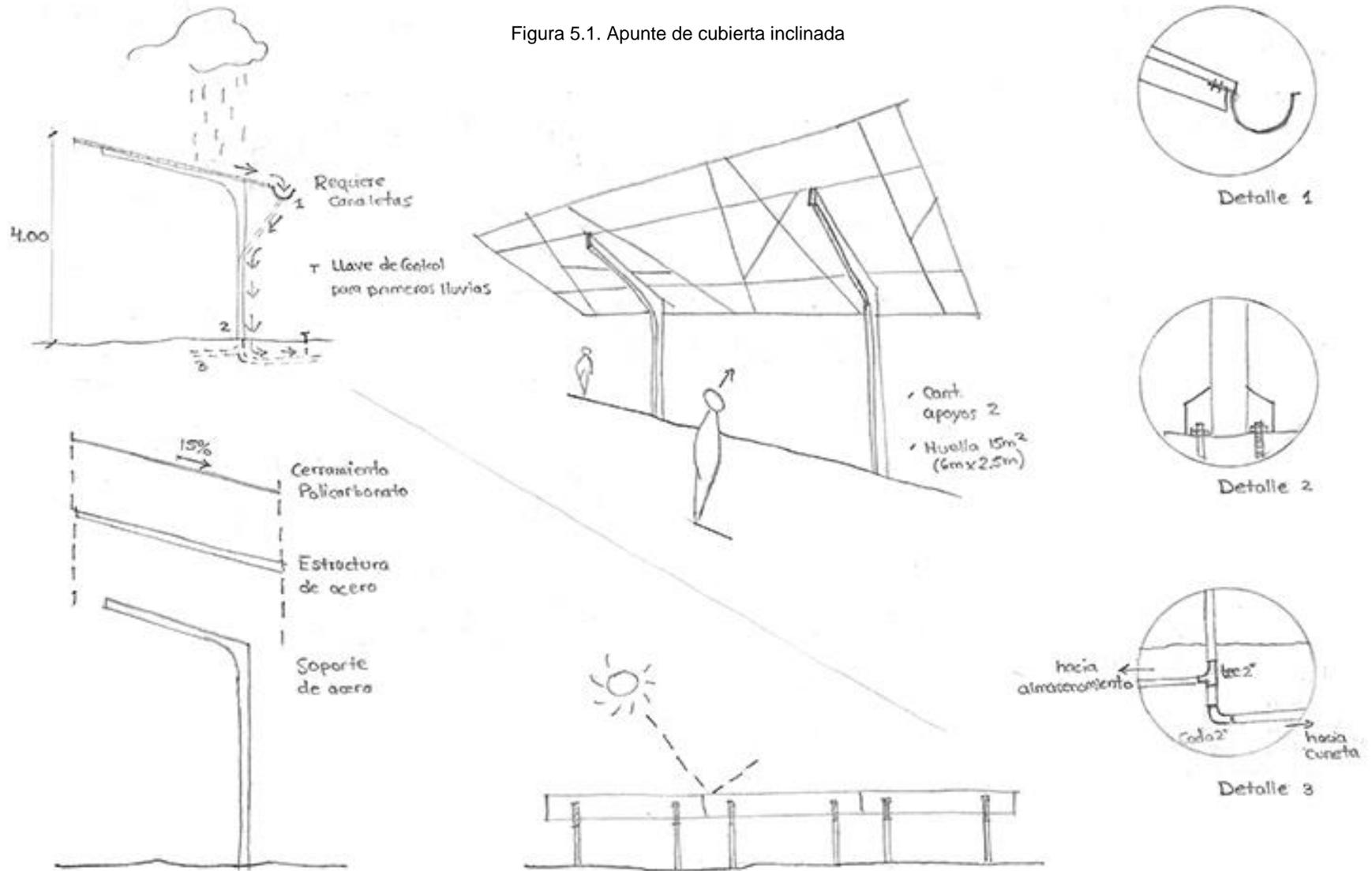


Figura 5.2. Apunte de cubierta cuenca

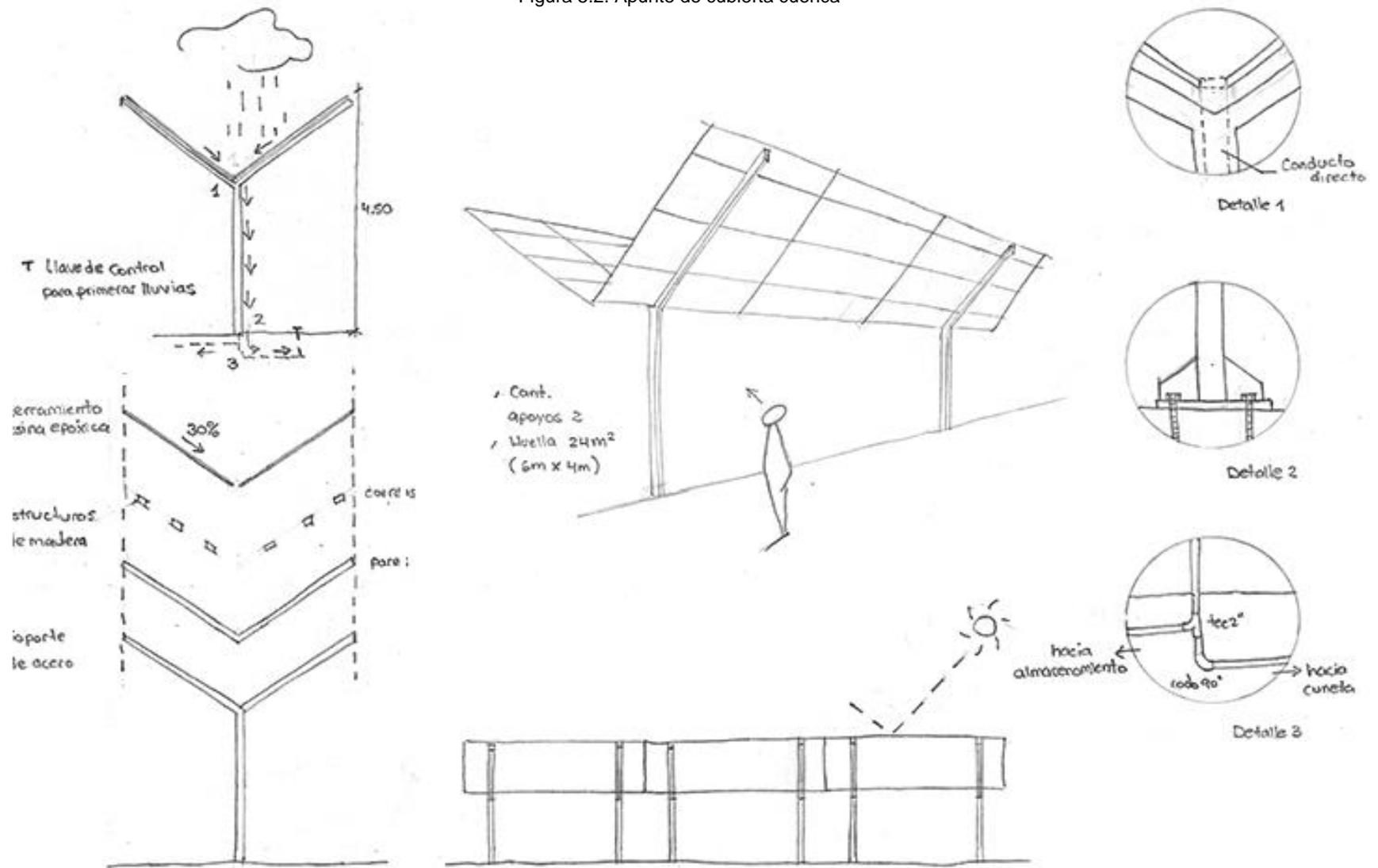


Figura 5.3. Apunte de cubierta piramidal

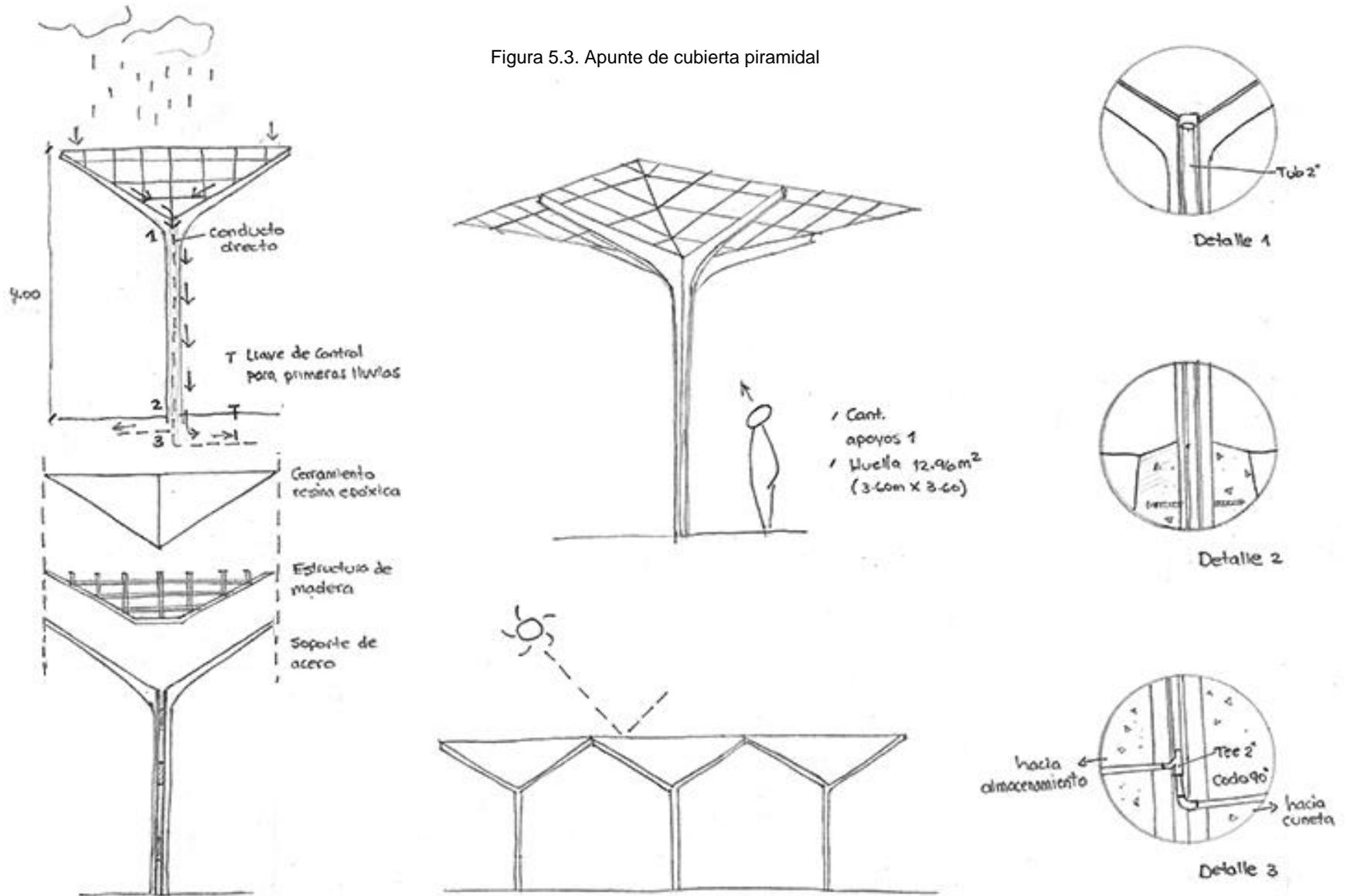


Figura 5.4. Apunte de cubierta hypar

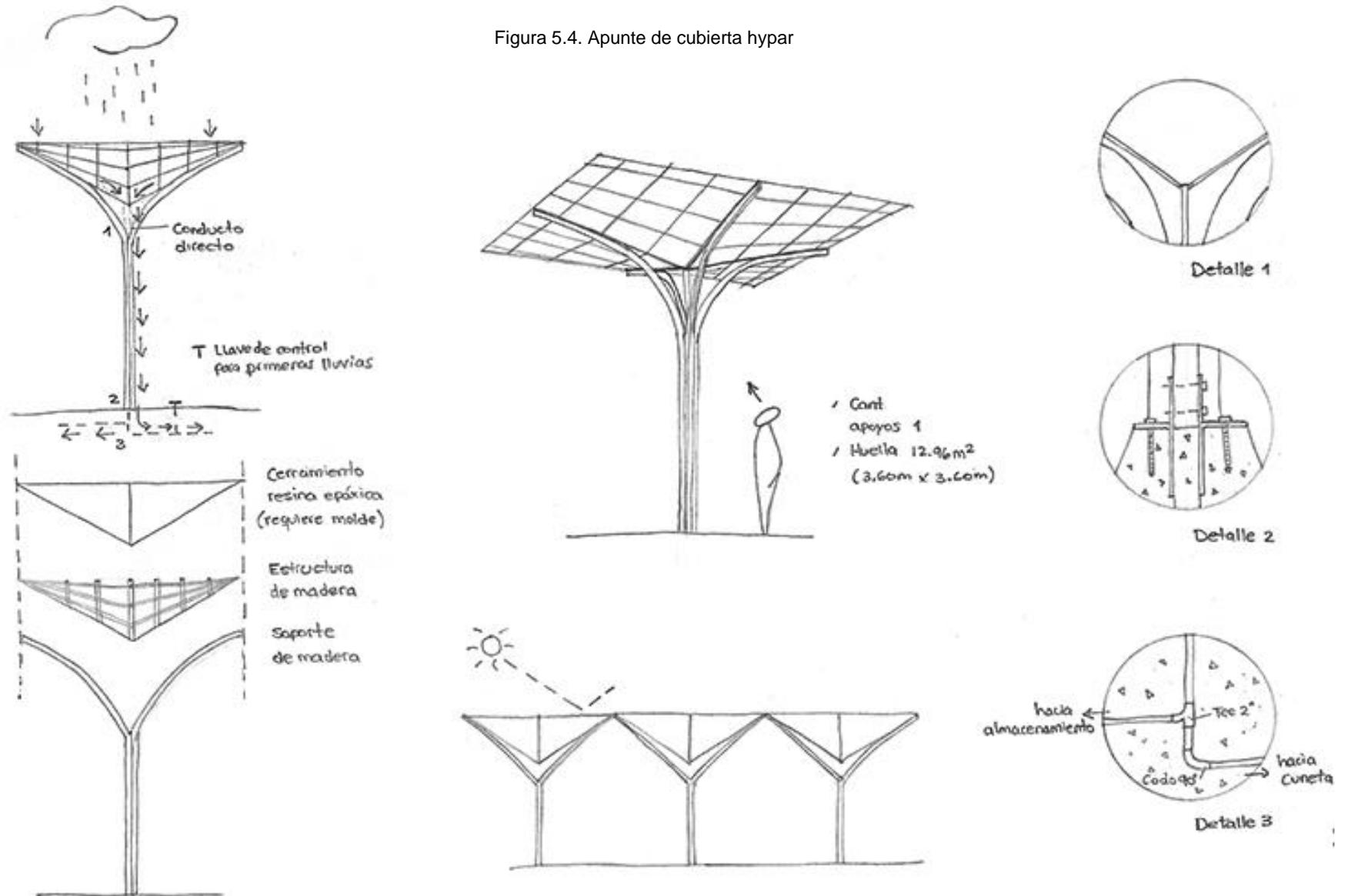
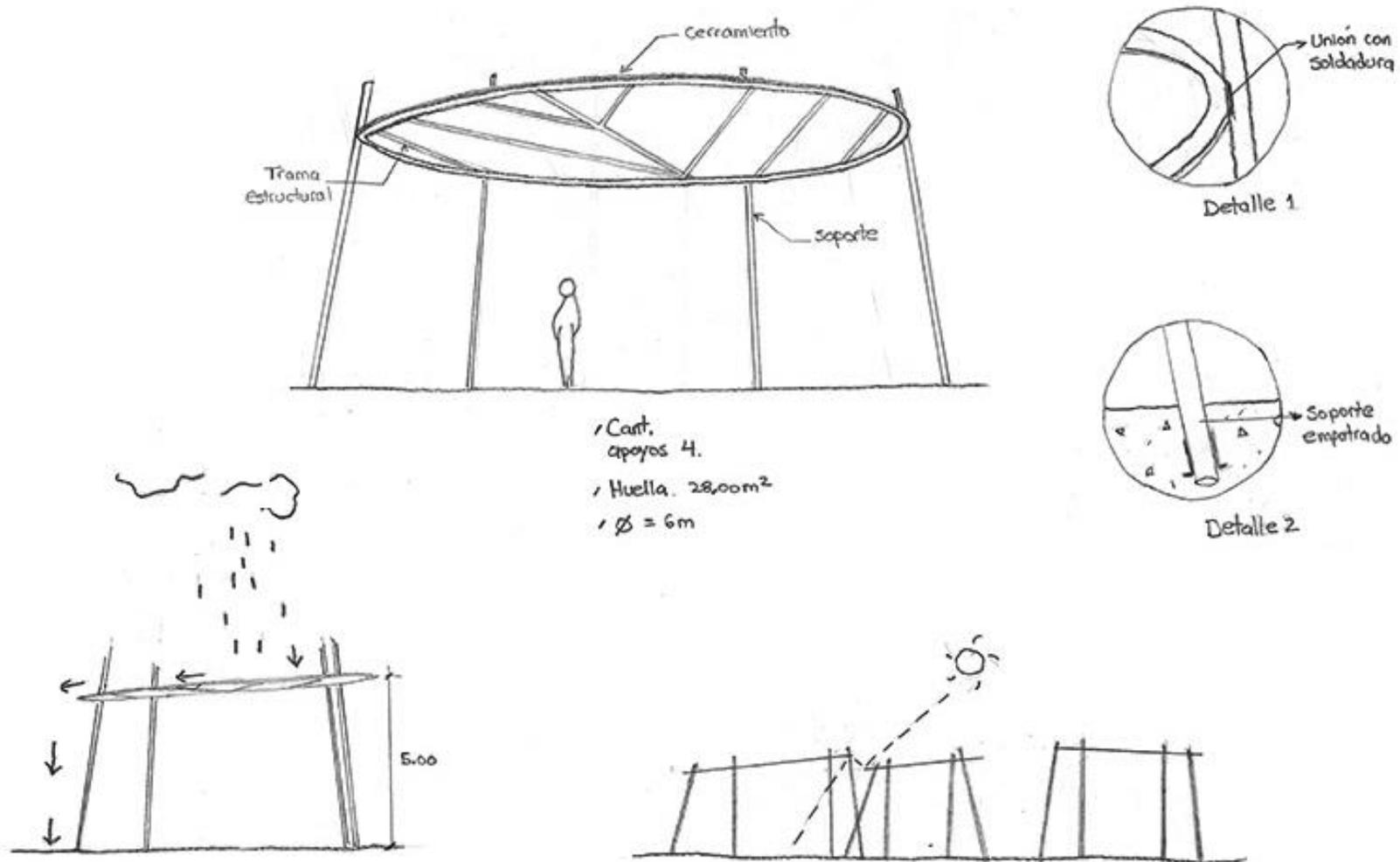


Figura 5.5. Apunte de cubierta circular



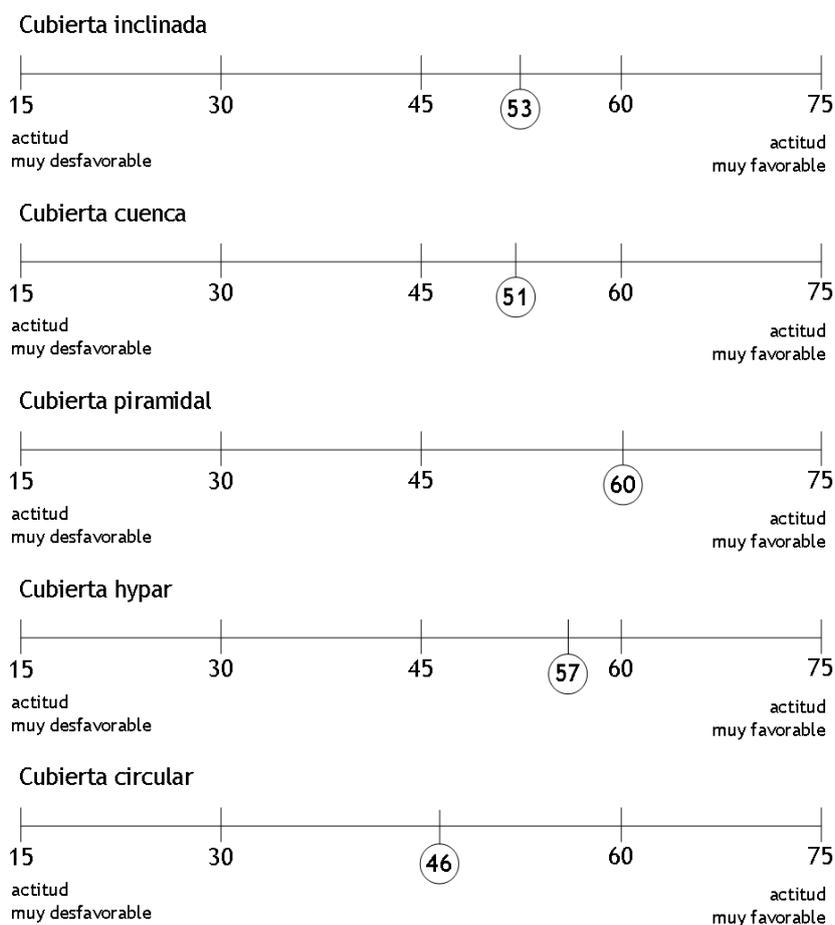
5.1.1.3. ESCALAMIENTO DE LIKERT

Tabla 5.2. Escalamiento de Likert

AFIRMACIONES	CUBIERTA				
	INCLINADA	CUENCA	PIRAMIDAL	HYPAR	CIRCULAR
– La cubierta protege de las precipitaciones.	5	5	5	5	5
– La cubierta permite captar las aguas de lluvia.	3	4	5	5	1
– La forma del cerramiento permite una adecuada captación de aguas de lluvia.	2	4	5	5	1
– El material del cerramiento presenta un escurrimiento para aguas de lluvia adecuado.	5	2	5	5	2
– La toxicidad del material de cerramiento es baja para captar aguas de lluvia.	4	2	4	4	2
– El sistema de conducción de agua de lluvias es adecuado.	1	2	5	5	1
– La cubierta protege de los rayos solares.	4	5	4	4	5
– La cubierta aprovecha la energía del sol.	1	1	1	1	1
– El material de la estructura es resistente al clima.	4	4	4	4	4
– El material del cerramiento es resistente al clima.	4	3	4	4	3
– La cubierta es resistente a ataques por vandalismo.	4	4	4	2	4
– La cubierta está compuesta de materiales ambientalmente amigables.	3	3	3	4	4
– Sus partes permiten el reciclaje después de cumplir su ciclo de vida.	4	4	4	4	4
– La cubierta tiene un montaje sencillo.	4	4	3	1	5
– La cubierta tiene un mantenimiento sencillo.	5	4	4	4	4
Puntaje final	53	51	60	57	46

Se establecen 15 afirmaciones con base en el Manual de elementos urbanos de Chile, tomo II, y el Manual de la Secretaría del Medio Ambiente de la ciudad de México, Isla Urbana y el Instituto Internacional de Recursos Renovables, que son sometidas a 5 puntos de escala para medir la actitud frente a los 5 modelos surgidos en la búsqueda de combinaciones: muy en desacuerdo (1), en desacuerdo (2), ni de acuerdo ni desacuerdo (3), de acuerdo (4), y muy de acuerdo (5). A su vez, se obtienen puntuaciones totales por cada modelo, estableciéndose que, si el puntaje es bajo o alto tenderá a ser muy desfavorable o muy favorable, respectivamente, de ser seleccionado para proseguir con su diseño y desarrollo.

Figura 5.6. Medición de actitud frente a los diseños de las cubiertas



La Figura 5.6 grafica el puntaje final por cada modelo de cubierta, donde se observa una actitud más favorable hacia la cubierta piramidal con respecto de las demás.

5.1.2. DISEÑO DE MODELO SELECCIONADO

Figura 5.7. Componentes de modelo a escala

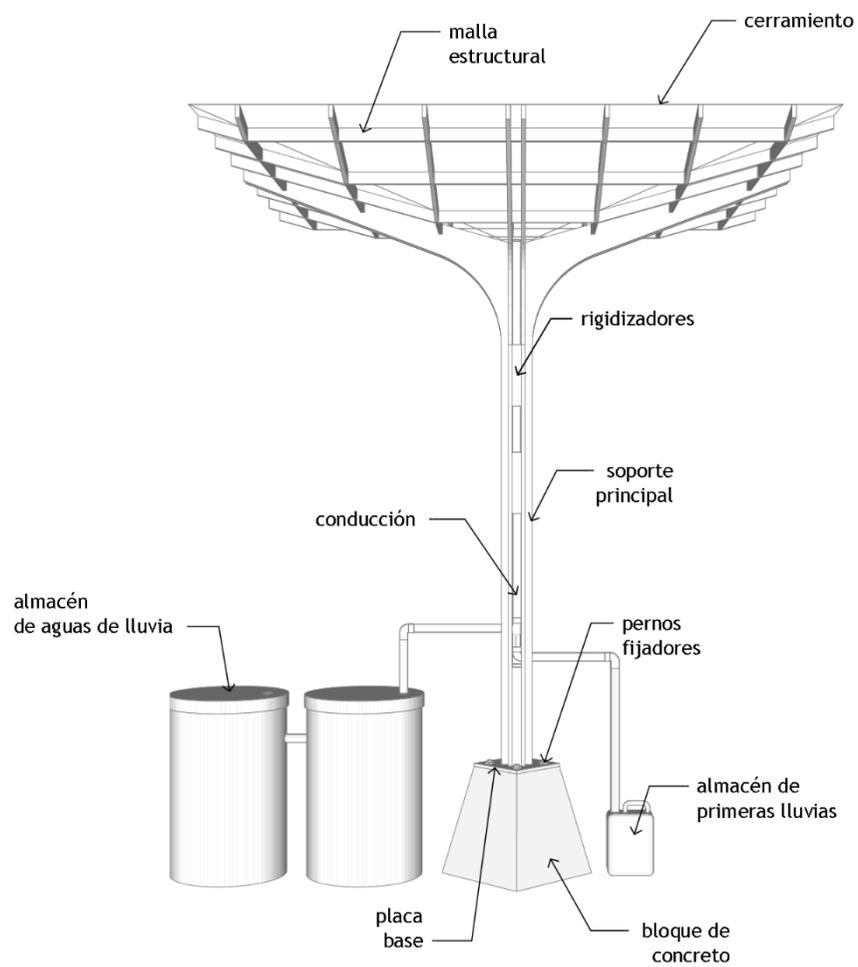


Figura 5.8. Vistas de modelo a escala

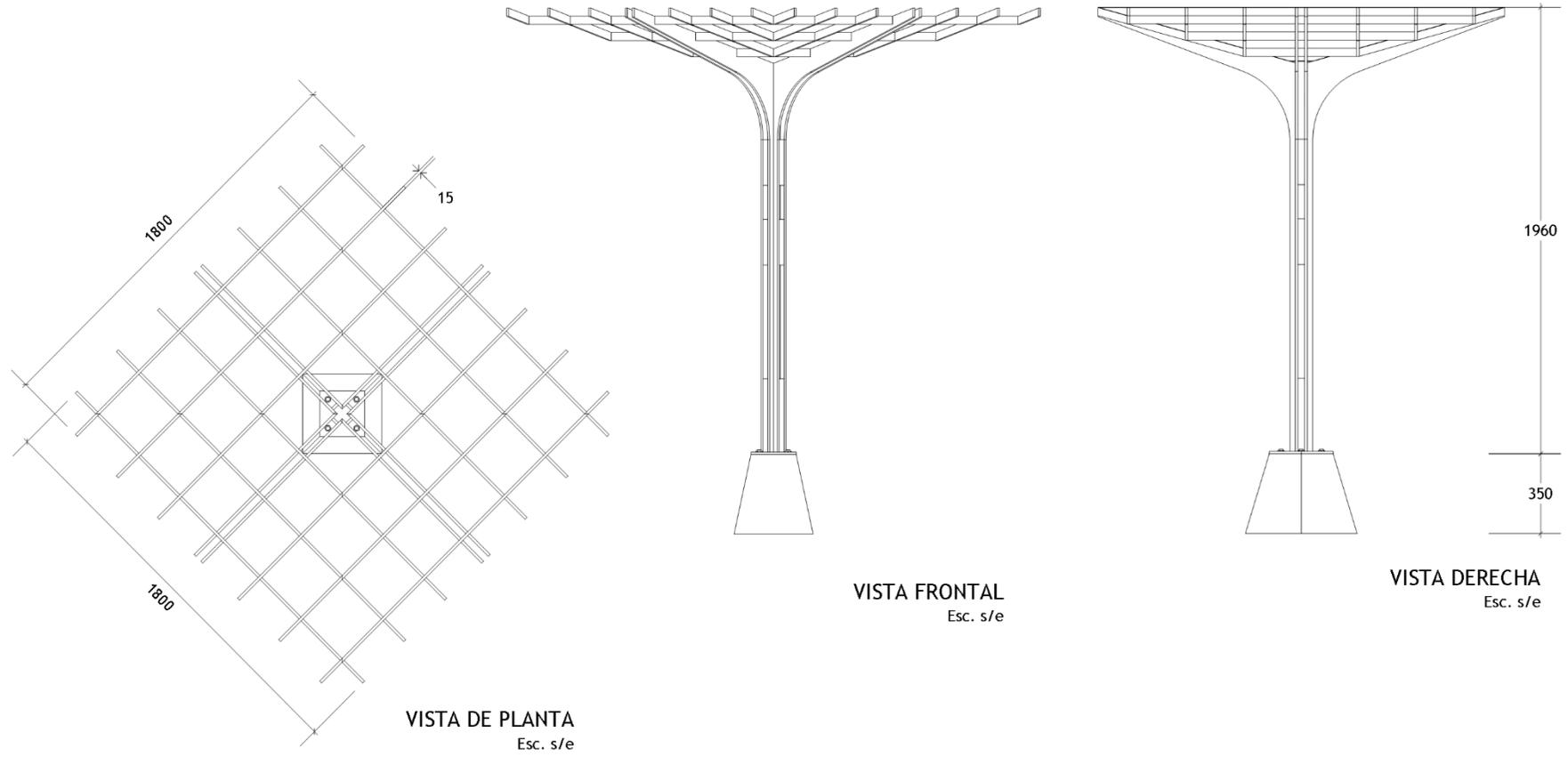
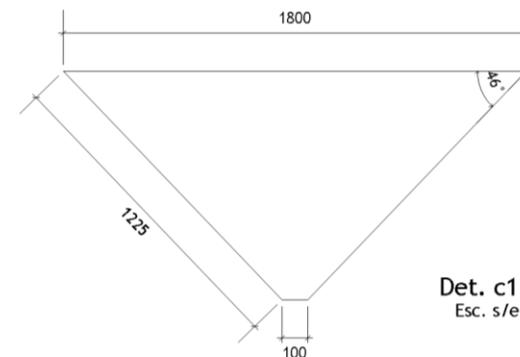
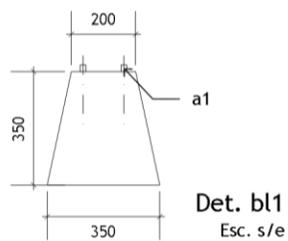
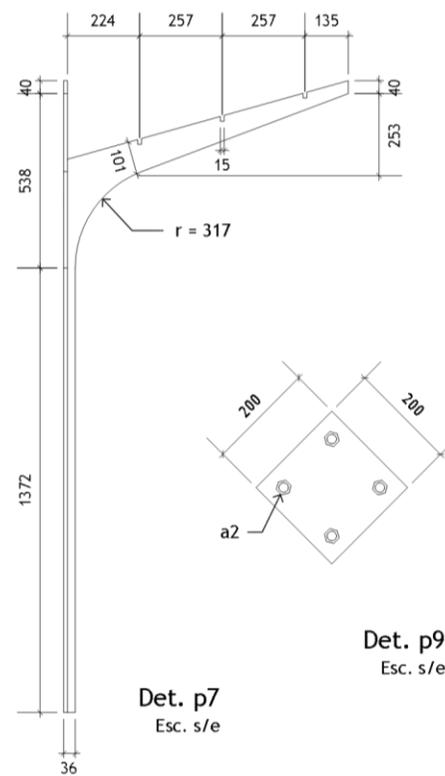
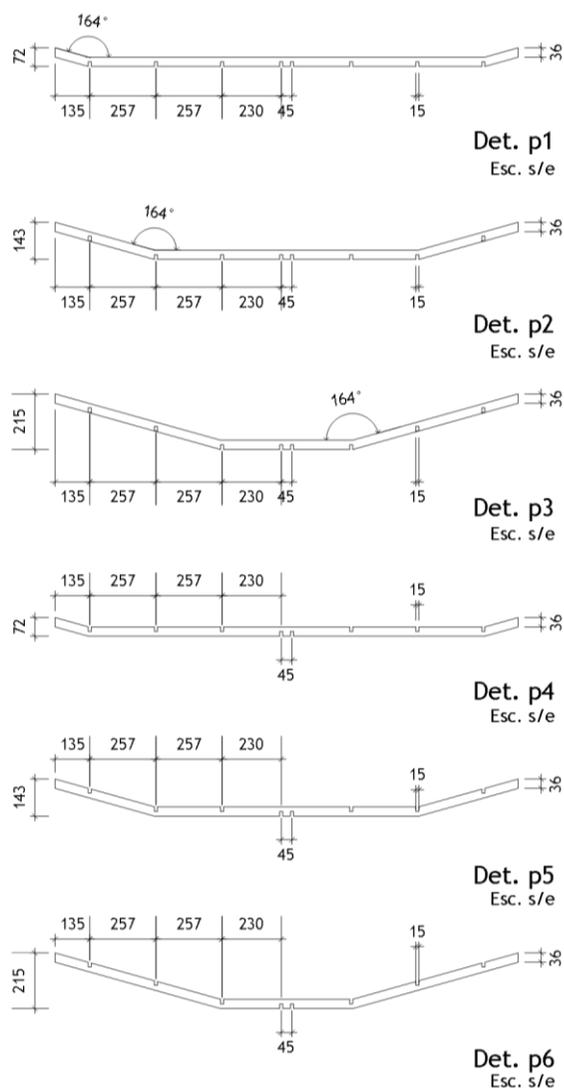


Figura 5.9. Piezas de modelo a escala



CUADRO PIEZAS DE MADERA					
ID PIEZA	Cant.	DIMENSIÓN (mm)			MATERIAL
		Alto	Ancho	Largo	
p1	02	ver detalle p1			contrachapado
p2	02	ver detalle p2			contrachapado
p3	02	ver detalle p3			contrachapado
p4	02	ver detalle p4			contrachapado
p5	02	ver detalle p5			contrachapado
p6	02	ver detalle p6			contrachapado
p7	04	ver detalle p7			contrachapado
p8	20	30	15	200	contrachapado
p9	01	200	15	200	contrachapado

CUADRO OTROS					
ID PIEZA	Cant.	DIMENSIÓN (mm)			DESCRIPCIÓN
		Alto	Ancho	Largo	
a1	04	-	16	180	vástagos 1/2 x 7
a2	04	-	-	-	tuerca de seguridad
a3	16	-	-	-	tornillo 4 x 50
bl1	01	ver detalle bl1			bloque de concreto armado
c1	04	ver detalle c1			polietileno incoloro 4mm

Figura 5.10. Ensamble de modelo a escala

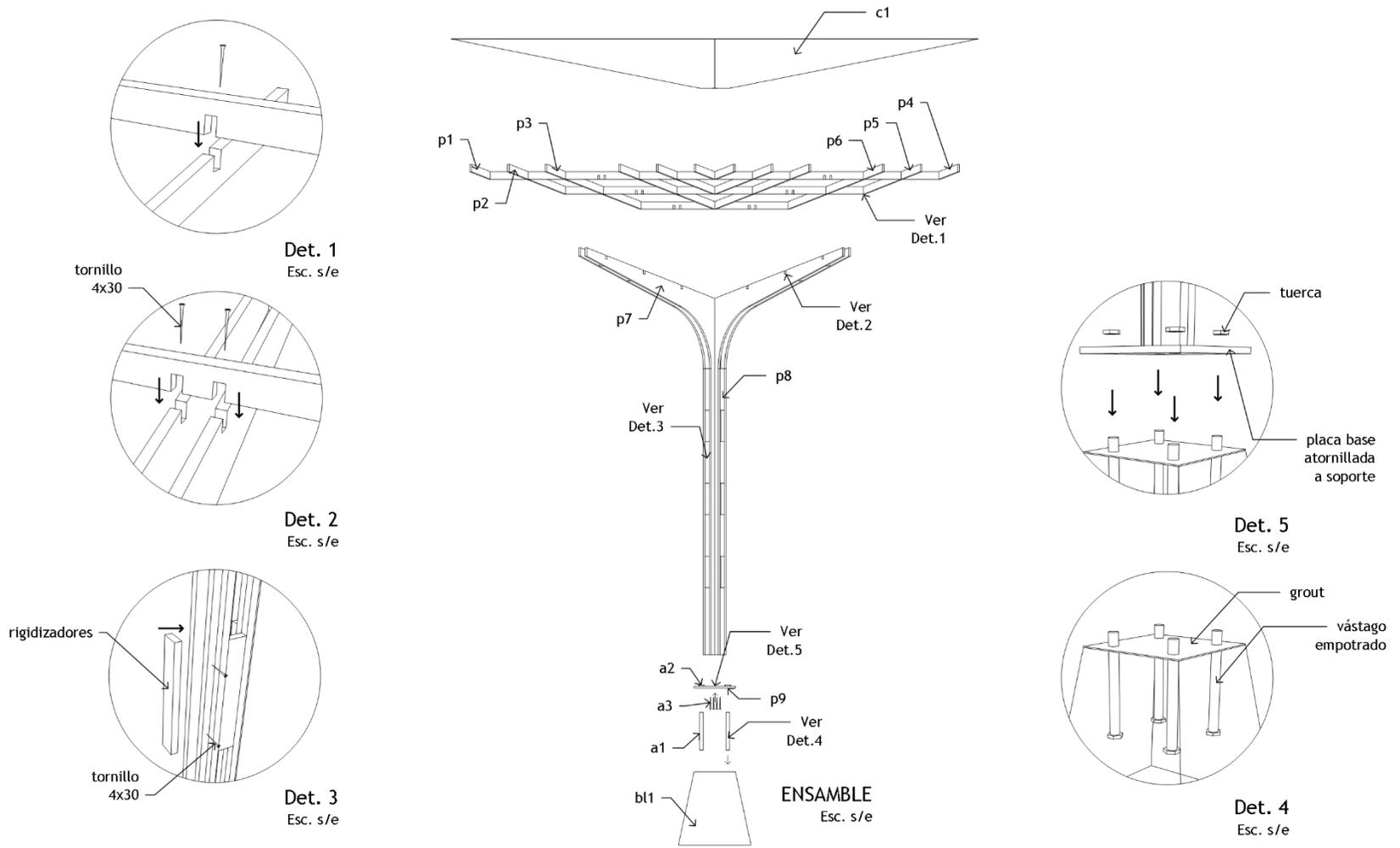
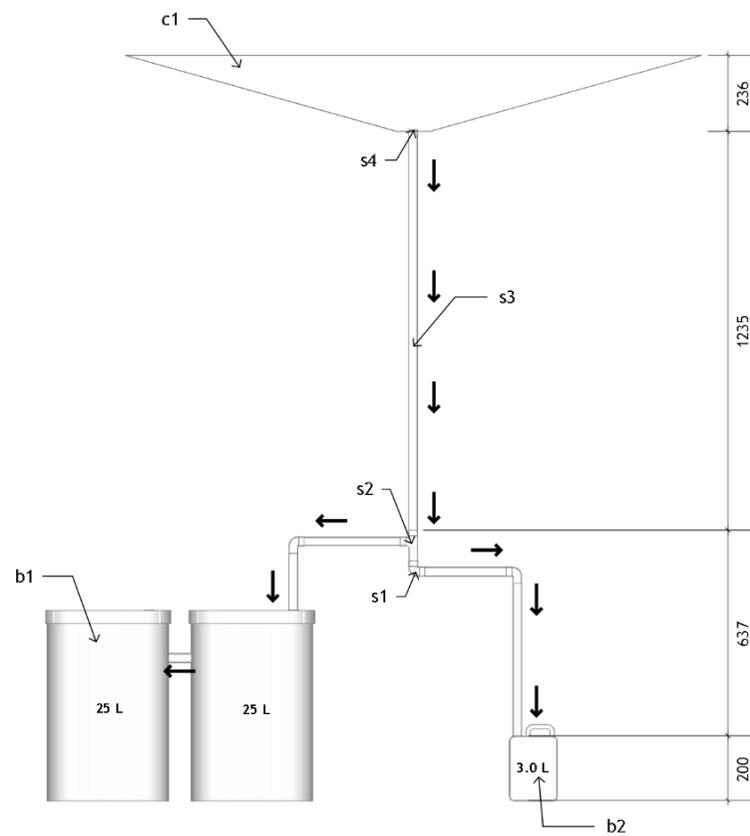


Figura 5.11. Sistema de captación de modelo a escala



CUADRO OTROS					
ID PIEZA	Cant.	DIMENSIÓN (mm)			DESCRIPCIÓN
		Alto	Ancho	Largo	
s1	03	-	-	-	codo 90° pvc 1"
s2	01	-	-	-	tee sanitaria pvc 1"
s3	01	-	-	5000	tubo pvc 1"
s4	01	-	-	-	sumidero 1"
b1	02	-	-	-	bidón de plástico cap. 25.0 L
b2	01	-	-	-	envase de plástico cap. 3.0 L

5.2. CONSTRUCCIÓN DE MODELO SELECCIONADO

Figura 5.12. Piezas impresas



Fotografías que muestran la presentación de las piezas impresas a escala de la trama estructural y soporte sobre las planchas de contrachapado de pino de 15 mm.

Figura 5.13. Cortes de piezas de la trama estructural



Fotografía que muestra el inicio de cortes rectos de las piezas apoyados con ruteador.

Figura 5.14. Cortes de piezas de soporte



Fotografía que muestra las ocho piezas del soporte central cortadas

Figura 5.15. Corte de encajes para trama



Fotografía que muestra los cortes a detalle para el encaje de las piezas de la trama estructural

Figura 5.16. Corte de encajes para soporte



Fotografía que muestra los cortes a detalle para el encaje de las piezas del soporte central

Figura 5.17. Piezas de la trama



Fotografía que muestra una presentación de las piezas de trama habilitadas

Figura 5.18. Piezas del soporte



Fotografía que muestra una presentación de las piezas del soporte habilitadas

Figura 5.19. Corte de piezas para encofrado



Fotografía que muestra el inicio de los cortes para el encofrado.

Figura 5.20. Encofrado y tejido de acero para base



Fotografía que muestra el tejido de acero de 1/4" en el encofrado para la base de hormigón armado.

Figura 5.21. Desencofrado de base



Fotografía que muestra el desencofrado de la base de concreto armado.

Figura 5.22. Ensamble de soporte



Fotografía que muestra el ensamble del soporte central.

Figura 5.23. Ensamble de soporte a base



Fotografía que muestra el ensamble del soporte hacia la base de hormigón armado empleando espárragos, tuercas y arandela de acero de 1/2".

Figura 5.24. Presentación de base y soporte



Fotografía que muestra una vista general del soporte anclado a la base de concreto como una prueba de estabilidad.

Figura 5.25. Inicio de ensamble de trama estructural



Fotografía que muestra los ensambles del primer grupo de piezas que conformaran la trama estructural.

Figura 5.26. Ensamble de trama estructural



Fotografía que muestra el ensamble del segundo grupo de piezas que conforman la trama estructural.

Figura 5.27. Instalación de red pluvial



Fotografía que muestra la instalación de las redes pluviales empleando tuberías, 3 codos y una tee de 1/2" al almacenamiento y depósito de primeras lluvias.

Figura 5.28. Presentación de cubierta y sistema de red pluvial



Fotografía que muestra una vista general de la cubierta donde se aprecia la trama estructural, soporte principal, base de concreto y sistema de captación pluvial.

Figura 5.29. Instalación de cerramiento



Fotografías que muestran la instalación en campo del cerramiento con mdf de espesor de 3 mm y lámina plástica de 8 micras sellados a su vez con silicona incolora.

Figura 5.30. Cubierta urbana sustentable instalada



Fotografía que muestra el modelo a escala de CUS instalado en campo para captación y registro de las precipitaciones.

CAPÍTULO VI

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

El presente capítulo presenta la recopilación de información sintetizada del espacio público Abel Martínez y su entorno inmediato, que permitirá identificar su estado actual y servirá junto a la información recopilada y experimentación en anteriores capítulos de base para la propuesta arquitectónica.

6.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

Se realiza diagnóstico o análisis con base en los siguientes ítems:

- Ubicación y localización del área de estudio.
- Zonificación, equipamientos e hitos.
- Llenos y vacíos.
- Alturas y perfil urbano.
- Sistema vial.
- Vegetación - áreas permeables e impermeables.
- Clima - asoleamiento, precipitación y vientos.
- Expresión cultural.



Figura 6.1. Ubicación y localización del área de estudio

UBICACIÓN

LAT.
-12.0866°
LON.
-75.2056°



El parque Abel Martínez colinda por el norte con el Jr. José Santos Chocano; por el este con el Jr. Humboldt; por el sur con el pje. Abel Martínez y por el oeste con el Jr. José Balta.



Figura 6.2. Zonificación, equipamientos e hitos



ZONIFICACIÓN

EQUIPAMIENTO E HITOS



01. Óvalo Los Héroes / RECREACIÓN



02. Municipalidad de Chilca / OTROS USOS



03. Óvalo Coto Coto / RECREACIÓN

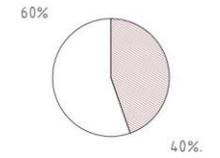


04. I.E. José Gálvez Egúsqiiza / EDUCACIÓN



Figura 6.3. Llenos y vacíos

LLENOS Y VACÍOS

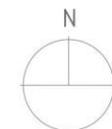


En la poligonal tomada del entorno inmediato del parque Abel Martínez se muestra un 40% de vacíos y un 60% de llenos



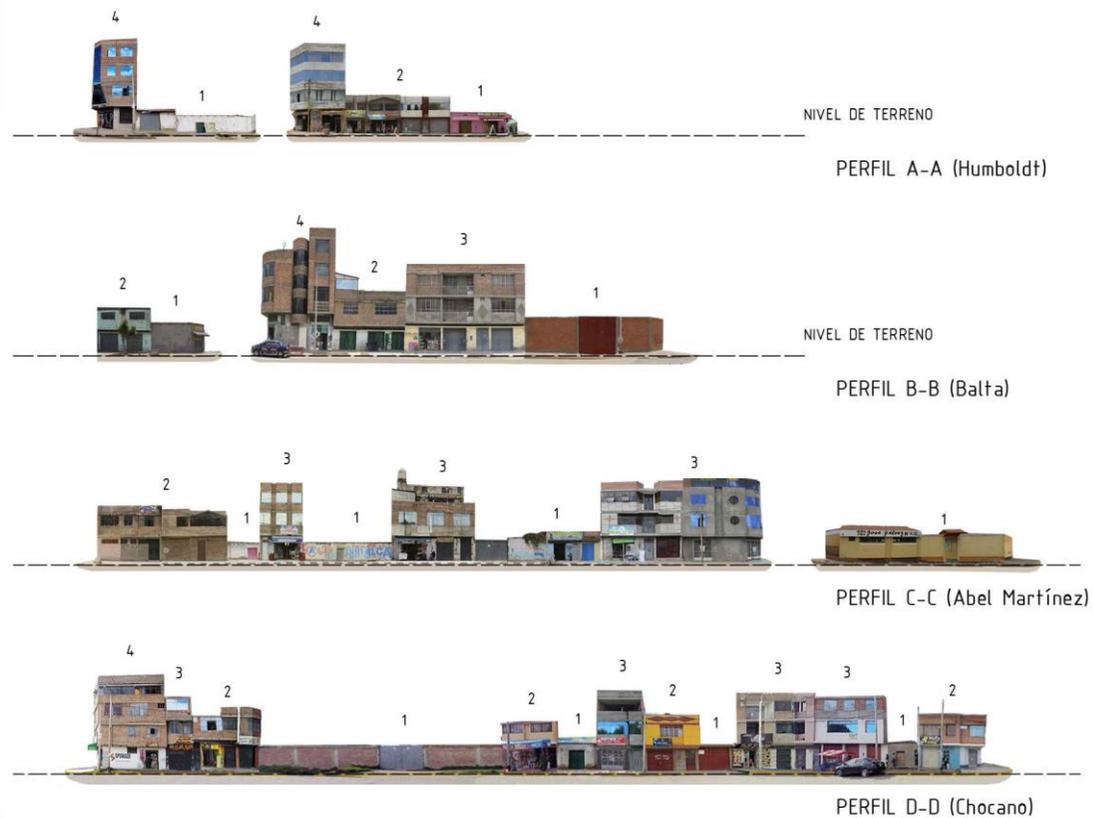


Figura 6.4. Alturas y perfil urbano



ALTURAS

PERFIL URBANO



Las viviendas alrededor del parque Abel Martínez en su mayoría son de 1 piso con un total de 14 viviendas, seguidas de 12 viviendas de 2 pisos, 9 de 3 pisos y 4 de 4 pisos.



Figura 6.5. Sistema vial



José Santos Chocano



Humboldt



José Balta



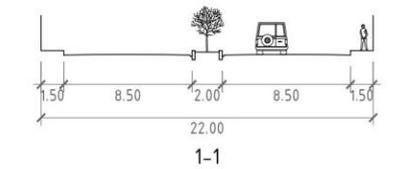
Pj. Abel Martínez



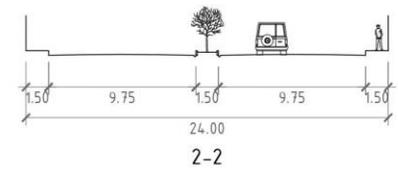
VÍAS

TIPOS

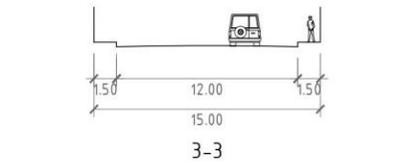
— Vía arterial - huancavelica



— Vía colectora - 9 de diciembre



— Vía local - Santos Chocano



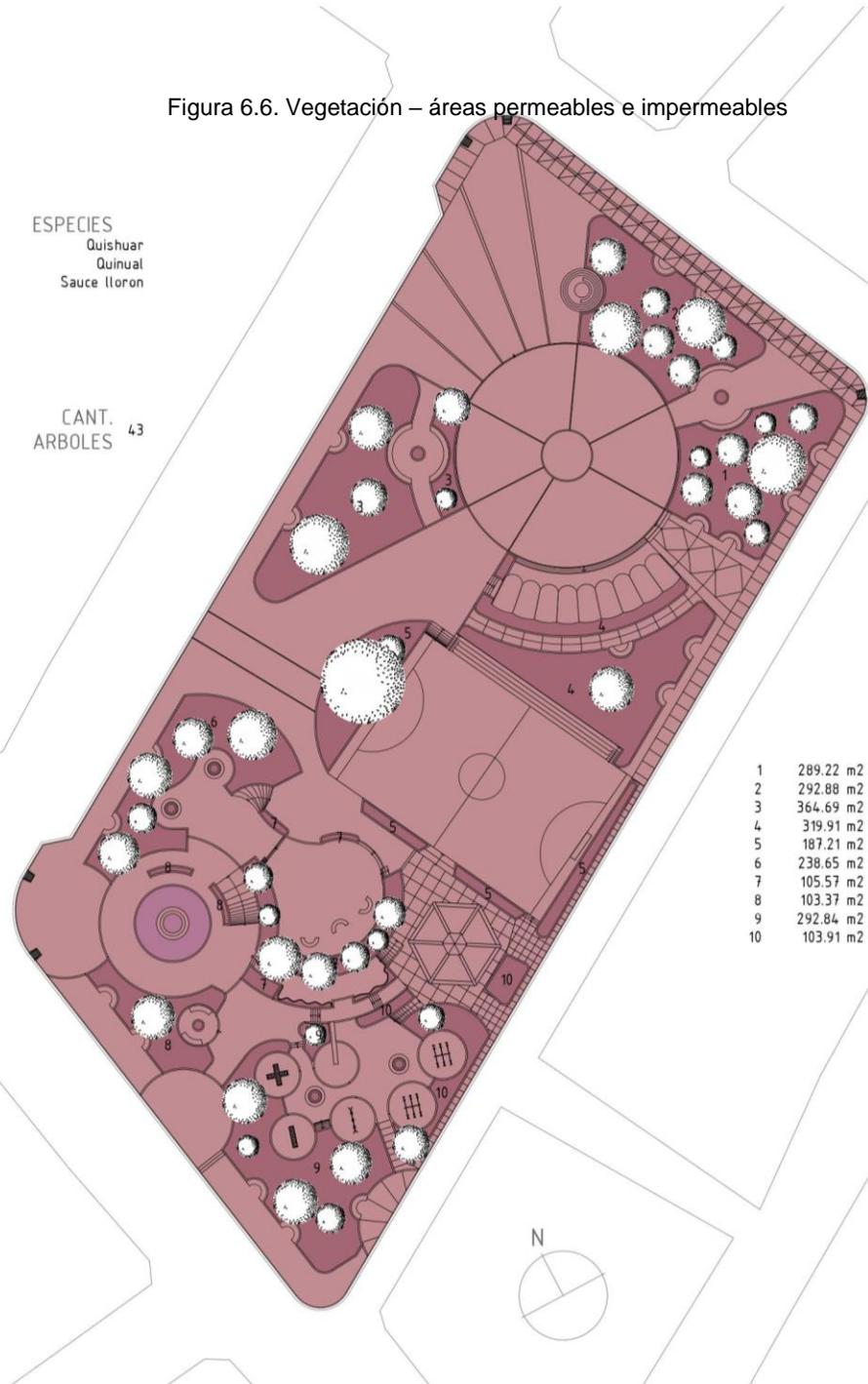
En el entorno inmediato del parque Abel Martínez todos los tipos de vías son para tránsito vehicular, careciendo dentro de las vías locales con vías exclusivamente para peatones.



Figura 6.6. Vegetación – áreas permeables e impermeables

ESPECIES
Quishuar
Quinual
Sauce lloron

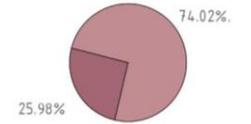
CANT.
ARBOLES 43



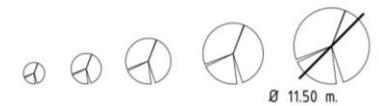
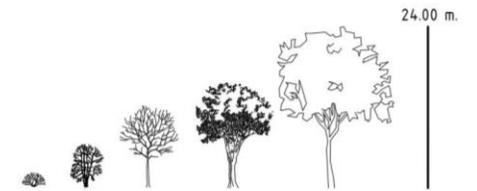
1	289.22 m2
2	292.88 m2
3	364.69 m2
4	319.91 m2
5	187.21 m2
6	238.65 m2
7	105.57 m2
8	103.37 m2
9	292.84 m2
10	103.91 m2

VEGETACIÓN

ÁREAS PERMEABLES E IMPERMEABLES



Las áreas dentro del parque Abel Martínez están fraccionadas en dos tipos por el nivel de filtración del recurso agua: permeables e impermeables el primero como todas las áreas que permiten la filtración natural con un total de 2298.25 m²; el segundo como aquellas áreas que impiden filtración con un total de 6549.55 m²



ALTURA Y COPA MÁX.

Figura 6.7. Clima – asoleamiento, precipitación y vientos



CLIMA

ASOLEAMIENTO, PRECIPITACIÓN Y VIENTOS

21 Jun.
Solsticio de invierno

orto : 6:20
ocaso : 17:25

21 Dic.
Solsticio de verano

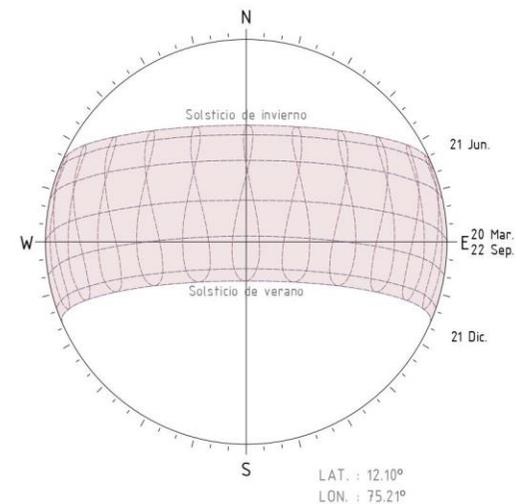
orto : 5:34
ocaso : 18:24

20 Marz.
Equinoccio de otoño

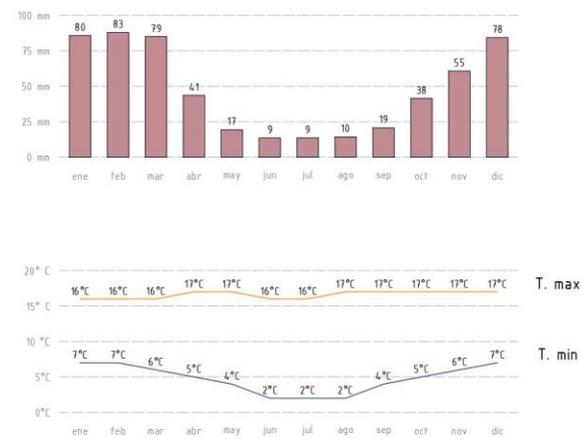
orto : 6:05
ocaso : 18:12

22 Sep.
Equinoccio de primavera

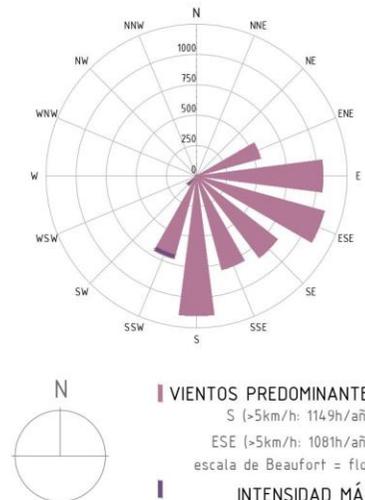
orto : 5:50
ocaso : 17:56



PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS MEDIAS



ROSA DE VIENTOS



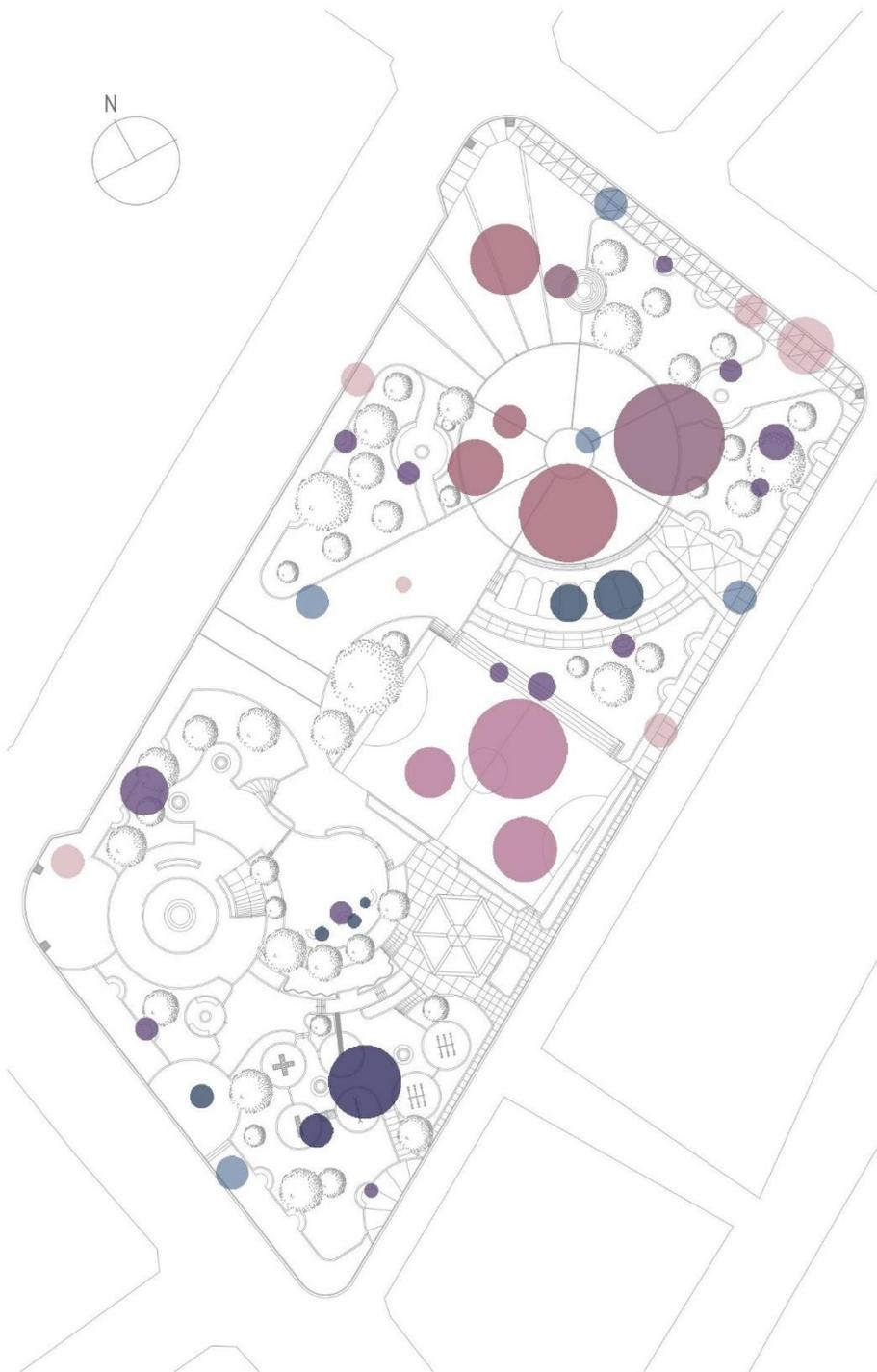
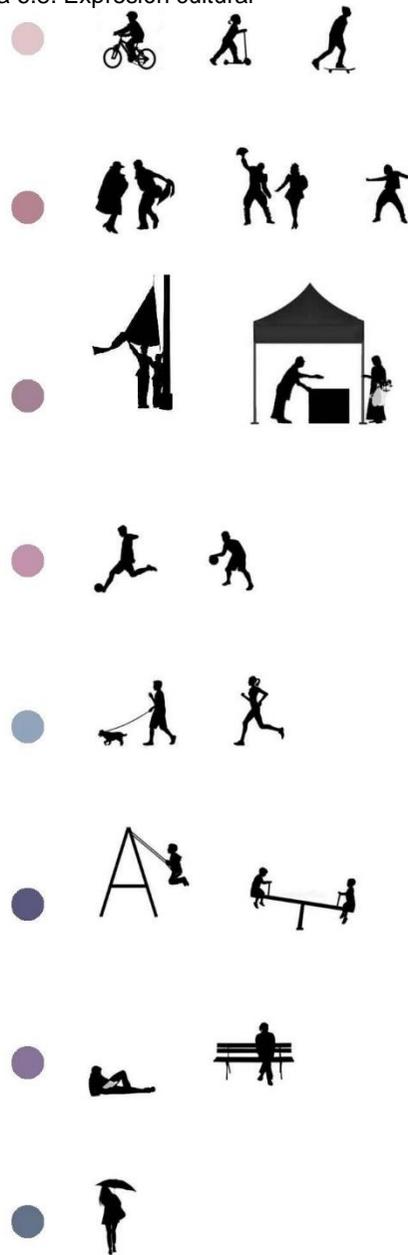


Figura 6.8. Expresión cultural



ACTIVIDADES

EXPRESIÓN CULTURAL



ACTIVIDAD DIARIA EN ZONA INFANTIL



ACTIVIDAD POR EL DÍA MUNDIAL DE LA SALUD



ACTIVIDAD POR EL DÍA DE LA MUJER



ENSAYO DE DANZAS

6.2. PROPUESTA ARQUITECTÓNICA

PLANTA
DISTRIBUCIÓN Esc. 1:750

Figura 6.9. Planta de distribución



Figura 6.10. Huella de propuesta arquitectónica

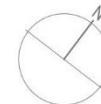
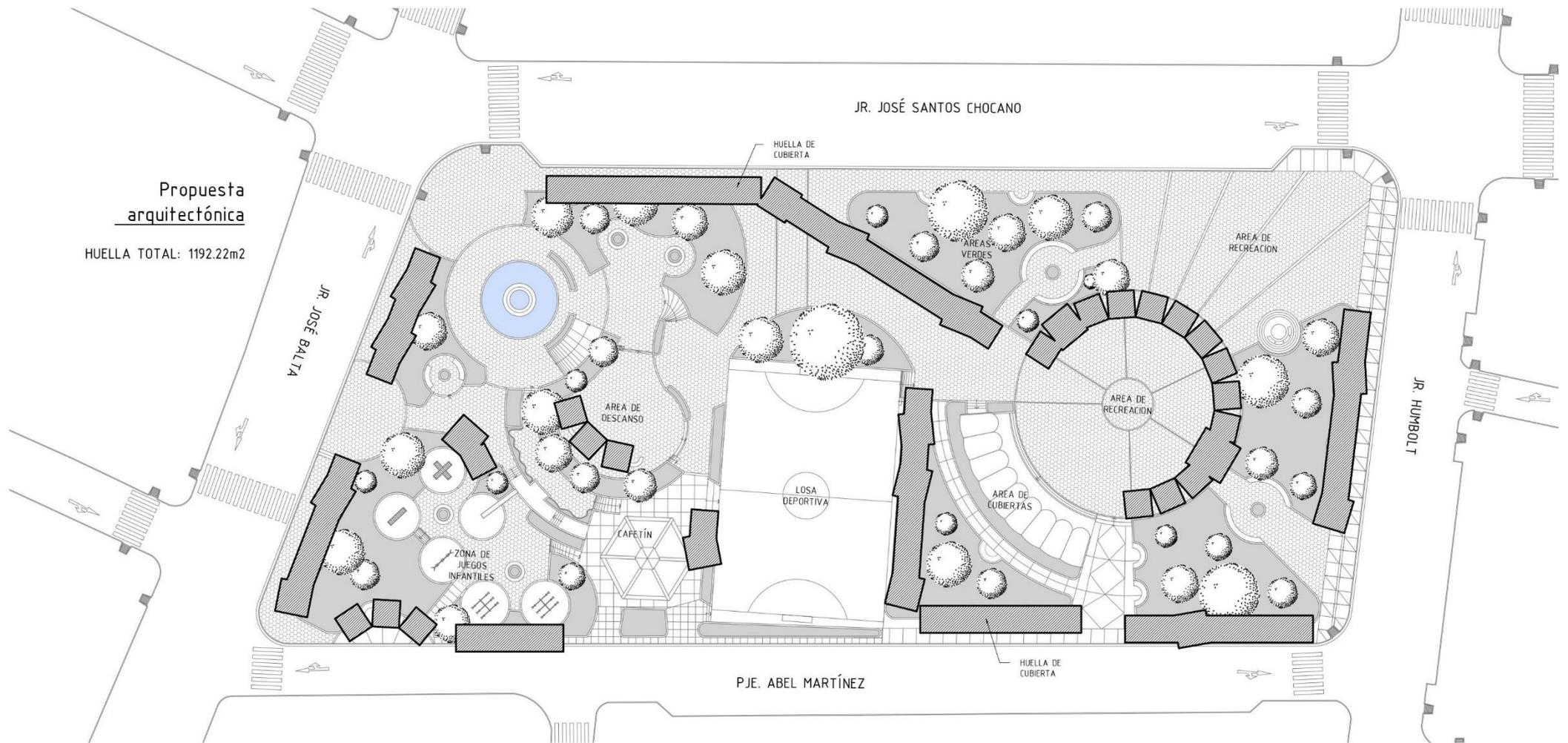
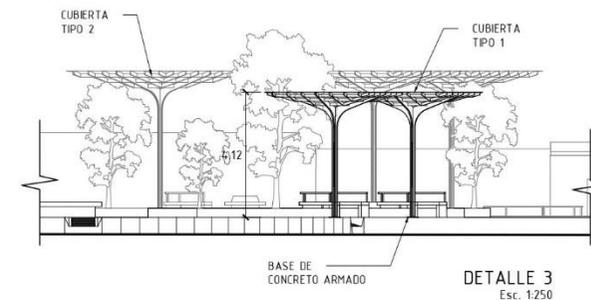
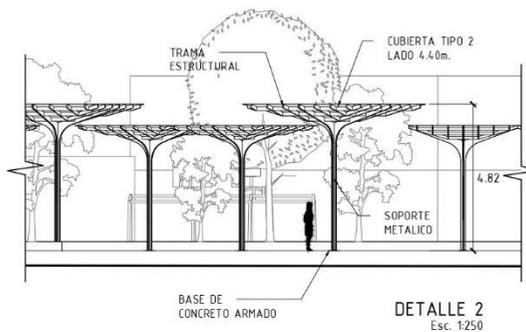
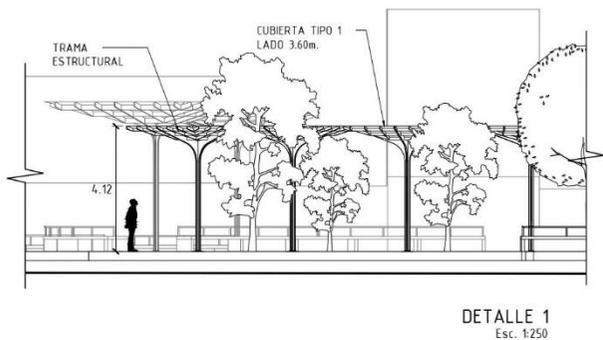
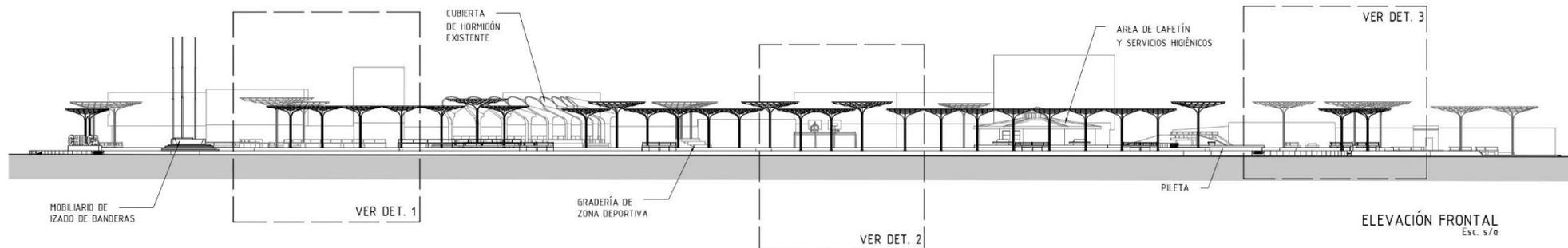


Figura 6.11. Elevación CUS

ELEVACIÓN

DETALLES Esc. Indicada



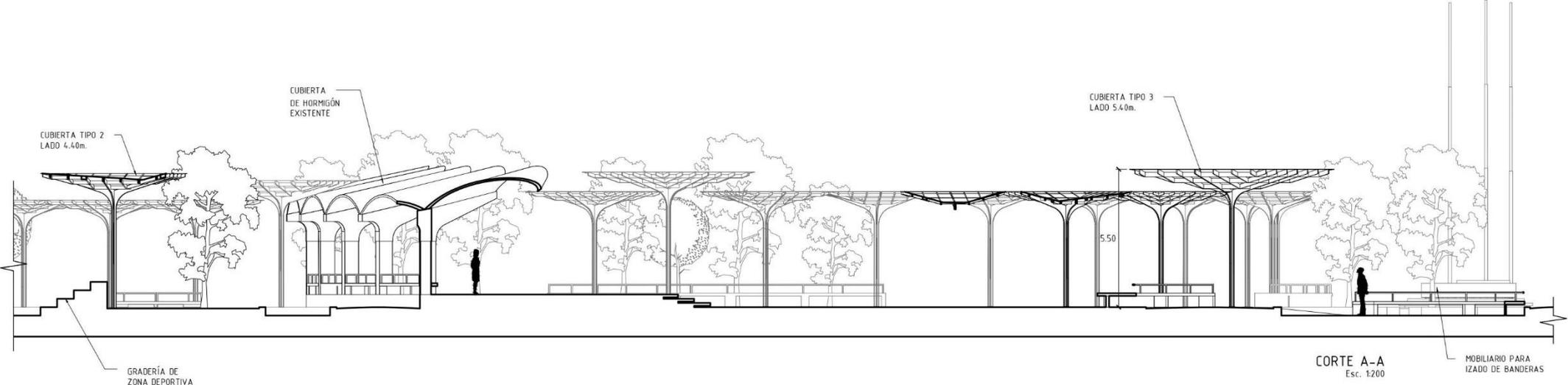
CUS
Cubierta urbana sustentable

0 2.5 5 10
ESCALA GRÁFICA DETALLES

0 5 10 20 30 40 50
ESCALA GRÁFICA ELEV.

Figura 6.12. Corte A-A CUS

CORTE
A-A Esc. 1:125



CUS
Cubierta urbana sustentable

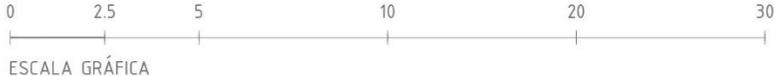
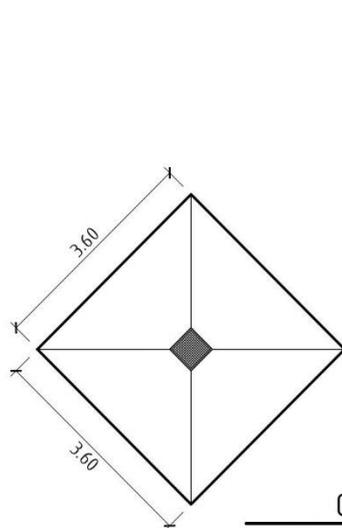
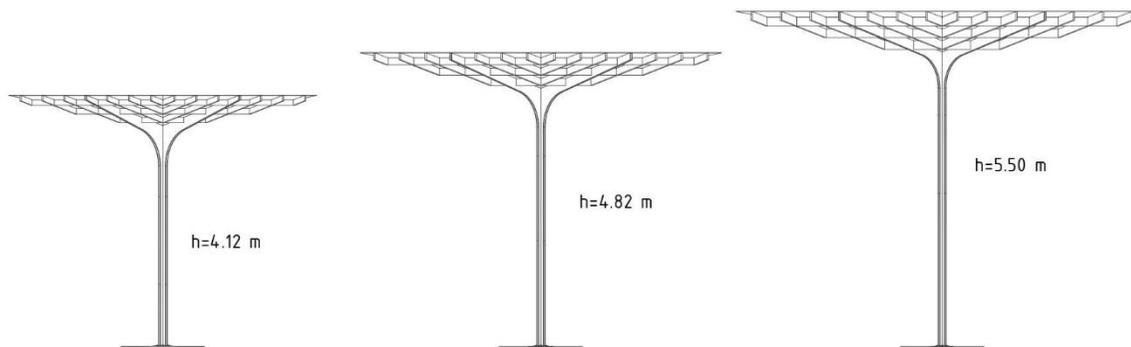


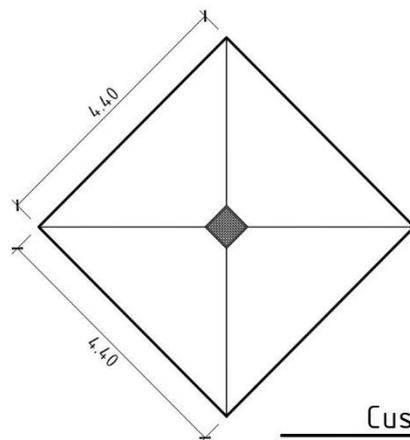
Figura 6.13. Tipos de CUS

Propuesta arquitectónica

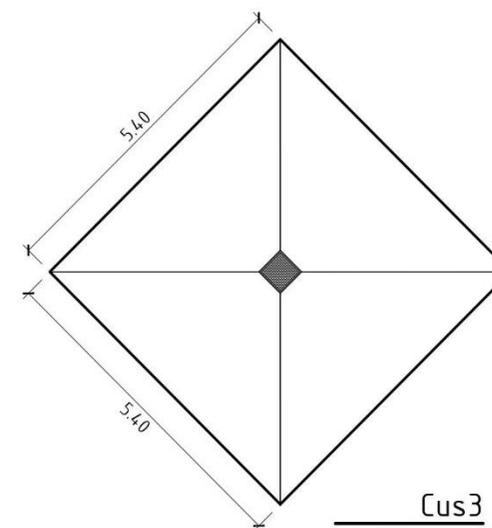
CANTIDAD TOTAL DE CUS: 86



Cus1
CANTIDAD: 69
HUELLA: 12.96m²
LADO: 3.60m



Cus2
CANTIDAD: 16
HUELLA: 19.36m²
LADO: 4.40m

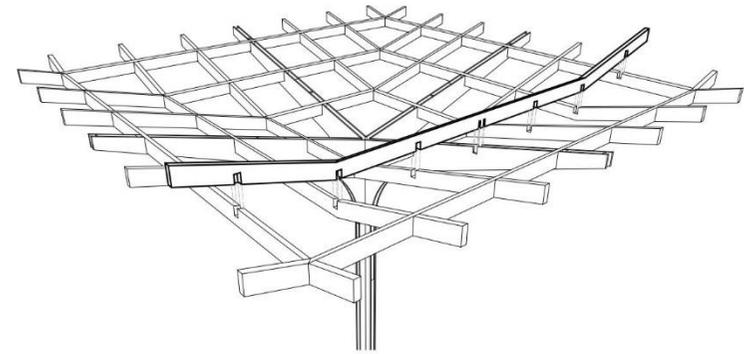
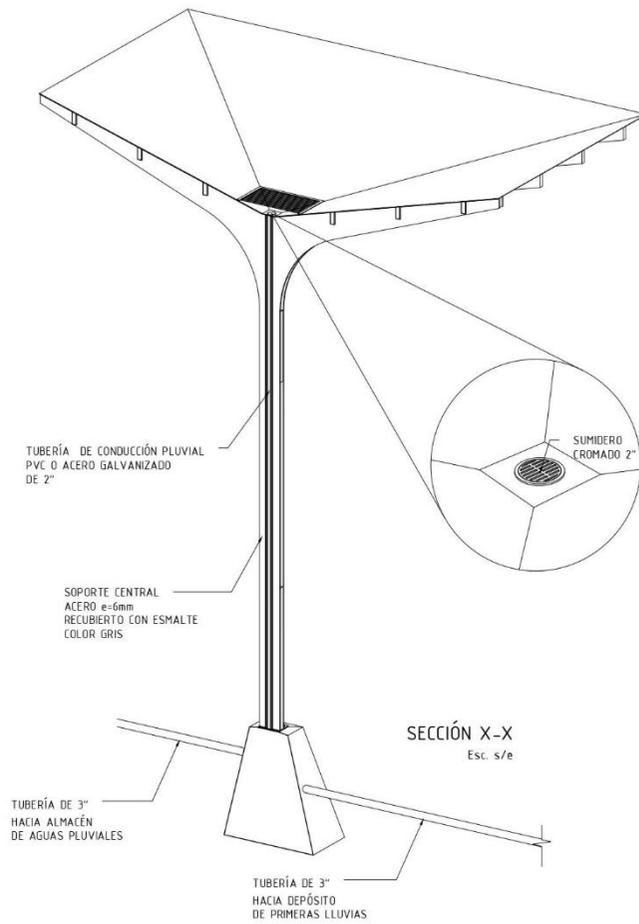


Cus3
CANTIDAD: 1
HUELLA: 29.16m²
LADO: 5.40m

Figura 6.15. Detalle de CUS

DETALLES

SECCIÓN X-X Y ENSAMBLE DE TRAMA Esc. Indicada



ENSAMBLE DE TRAMA ESTRUCTURAL

Esc. s/e

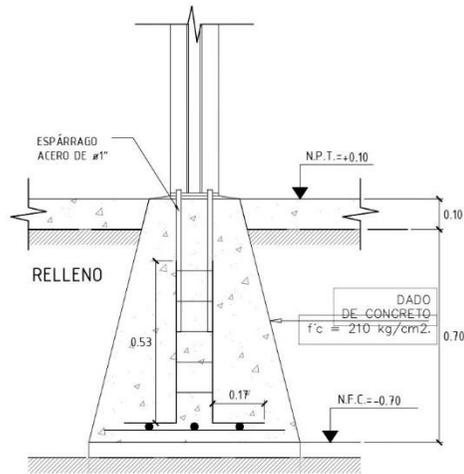
Figura 6.16. Planta de cimentación



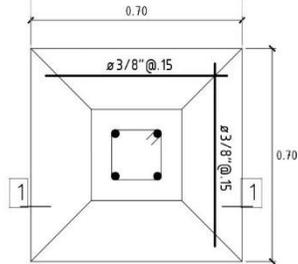
CIMENTACIÓN

SECCIONES Y DETALLES Esc. 1:25

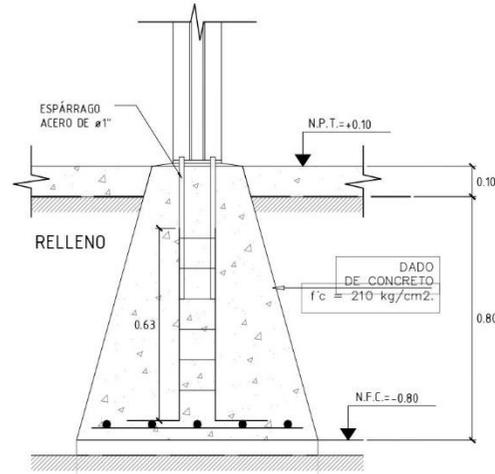
Figura 6.17. Tipos de cimentación



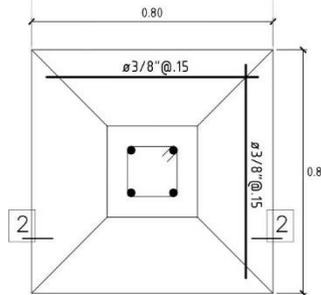
1-1



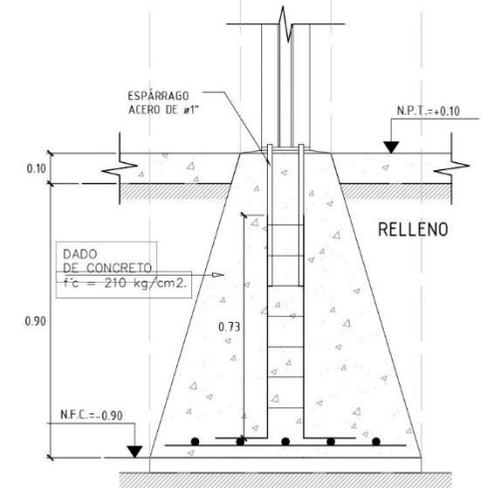
Z1 | PARRILLA: $\varnothing 3/8'' @ 0.15$
 VERTICAL: $\bullet 4 \varnothing 1/2''$
 ESTRIBOS: 1 $3/8'' @ 0.10$



2-2



Z2 | PARRILLA: $\varnothing 3/8'' @ 0.15$
 VERTICAL: $\bullet 4 \varnothing 1/2''$
 ESTRIBOS: 1 $3/8'' @ 0.10$



3-3

Z3 | PARRILLA: $\varnothing 3/8'' @ 0.15$
 VERTICAL: $\bullet 4 \varnothing 1/2''$
 ESTRIBOS: 1 $3/8'' @ 0.10$

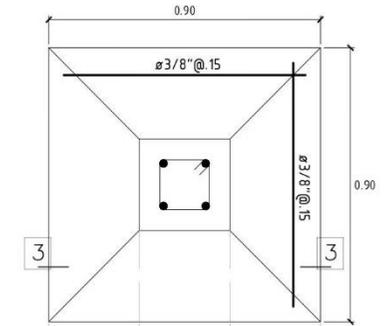


Figura 6.18. Red de distribución pluvial

RED PLUVIAL

DISTRIBUCIÓN Esc. 1:750

INDICACIONES Y COMENTARIOS:

LA DESCARGA DE AGUA PLUVIAL ACUMULADA EN EL DEPÓSITO DE PRIMERAS LLUVIAS DEBE SER EVACUADO DESPUÉS DE CADA EVENTO PLUVIAL PARA ESTAR LISTO PARA EL SIGUIENTE.

LA LLAVE DE PASO DEBE PERMANECER SIEMPRE CERRADA SALVO ANTERIOR INDICACIÓN

EL CÁLCULO DE LOS DEPÓSITOS DE PRIMERAS LLUVIAS ESTÁ EN BASE A LA HUELLA DE CADA (COBERTA APROXIMADAMENTE DE 1 LITRO POR CADA M²)

EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO ESTA DISTRIBUIDO EN TRES TANQUES CISTERNA DE CAP. 25.00M³ PARA SATISFACER UNA DEMANDA ACUMULADA PARA RIEGO DE 15 DIAS

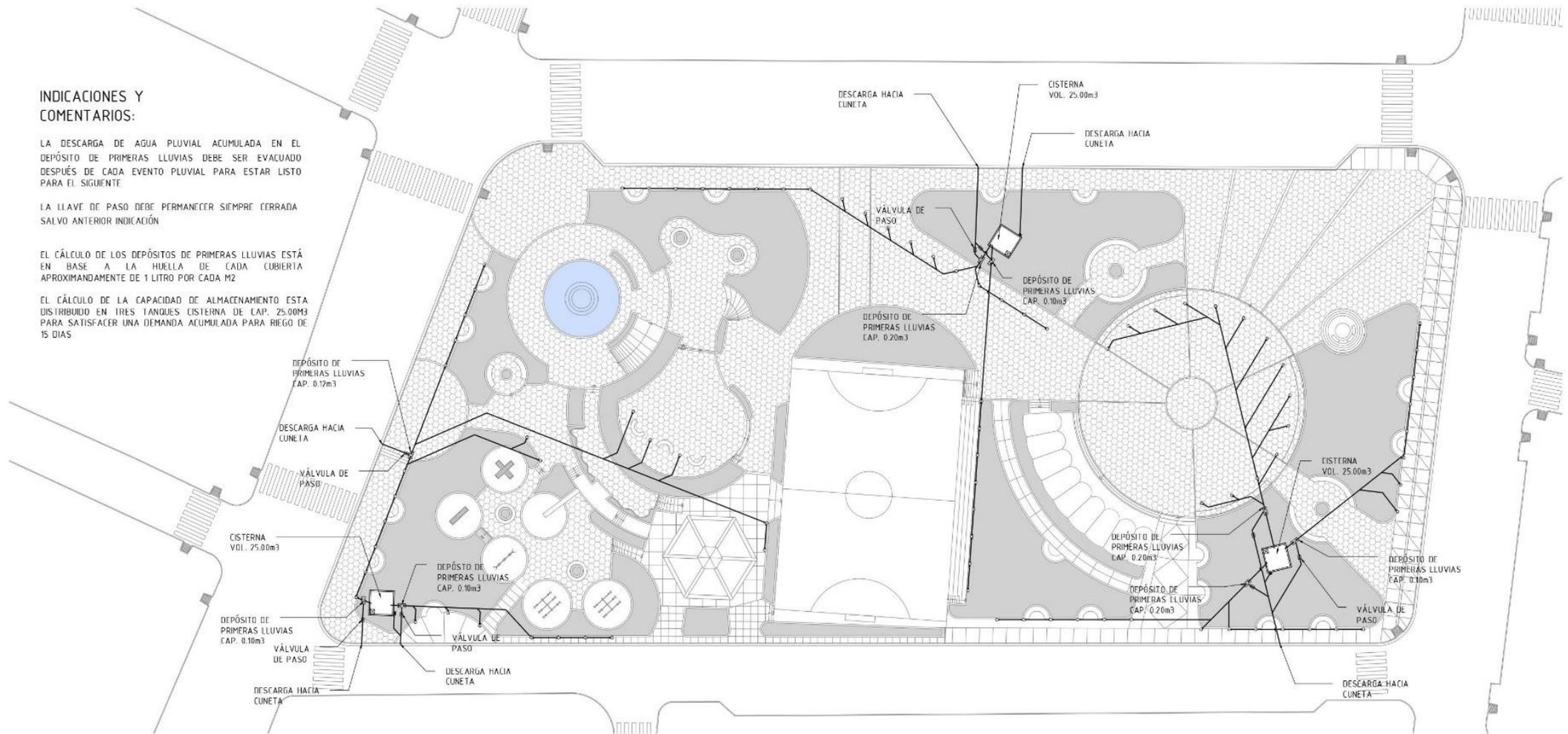


Figura 6.19. Corte esquemático de red pluvial

RED PLUVIAL

CORTE ESQUEMÁTICO Esc. 1:125

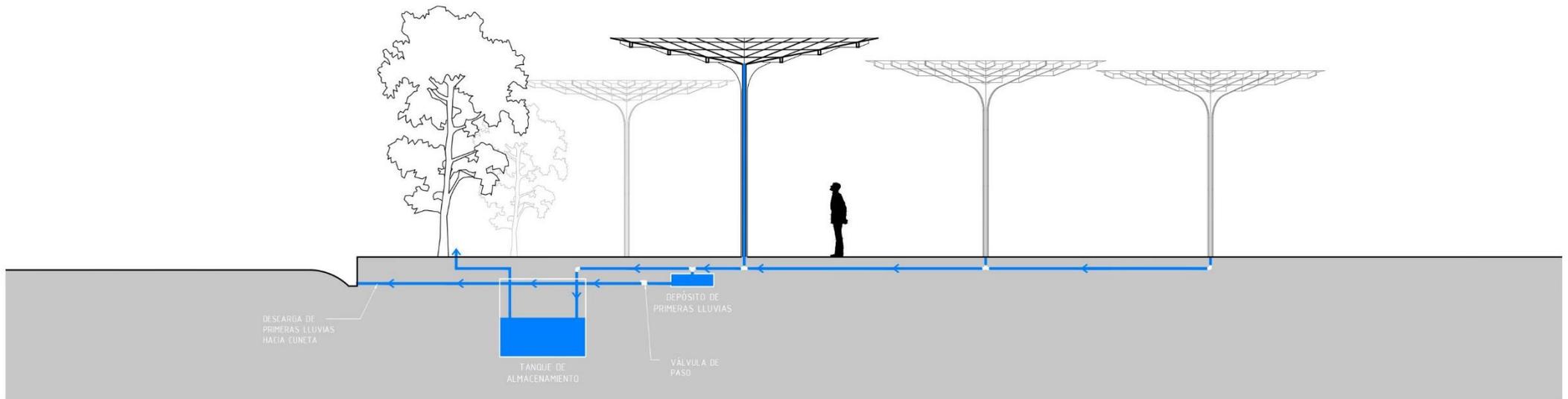


Figura 6.20. Render – Vista general 1



REPRESENTACIÓN REALISTA
VISTA GENERAL 1

GHILGA

CUS
Cubierta urbana sustentable

Figura 6.21. Render – Vista general 2



REPRESENTACIÓN REALISTA
VISTA GENERAL 2

Figura 6.22. Render – Integración de CUS con vegetación 1



Figura 6.23. Render – Integración de CUS con vegetación 2



Figura 6.24. Render – Perspectiva inferior



REPRESENTACIÓN REALISTA
PERSPECTIVA INFERIOR

CUS
Cubierta urbana sustentable

Figura 6.25. Render – Integración de CUS a plaza principal



Figura 6.26. Render – Integración de CUS a zona deportiva



Figura 6.27. Render – Integración de CUS a graderías



REPRESENTACIÓN REALISTA
INTEGRACIÓN DE CUS A GRADERÍAS

CUS

Cubierto urbano sustentable

Figura 6.28. Render – Perspectiva lineal



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En esta investigación se determinó que la cubierta urbana sustentable influye favorablemente con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes dentro del espacio público Abel Martínez en el distrito de Chilca, porque en 18 eventos pluviales registrados se pudo lograr recuperar 157.93 m³ de agua en una huella de cubierta de 1192.22 m² (ver Tabla 4.4).
2. Considerando el verdadero valor de este recurso, se determinó que la cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce el desaprovechamiento de uso para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez, representando un porcentaje significativo equivalente al 10.83% del agua pluvial recuperada respecto de las aguas pluviales desaprovechadas (ver Figura 4.5).
3. El estudio por medio de los ensayos microbiológicos y parasitológicos realizados en laboratorio (ver Anexo 1.6) comprobó que la calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y la del espacio público Abel Martínez es óptima para riego de áreas verdes. Así también, cabe resaltar que la cubierta urbana sustentable no pudo demostrar la mejora de la calidad de las aguas pluviales, ya que los resultados indican que las aguas pluviales captadas por el espacio público Abel Martínez presentaron condiciones adecuadas para el riego de áreas verdes; sin embargo, la cubierta urbana sustentable demuestra que no alteró durante todo el proceso de experimentación dicha calidad. Se recomienda hacer estudios más prolongados para medir el grado de influencia que tiene el sistema de captación pluvial respecto de la calidad, así como aumentar la capacidad de almacenamiento de las primeras lluvias, sumar filtros, entre otros, para destinarla a usos más exigentes como potabilizarla, lo cual requerirá añadir un análisis físico químico del agua.
4. Se determinó que la propuesta arquitectónica de la cubierta urbana sustentable sería viable en cuanto a su versatilidad durante todo el año. Por un lado, generando sombras y protección a sus usuarios; por otro, si bien la proyección en la propuesta de la cubierta urbana sustentable muestra que en ningún mes se lograría satisfacer la demanda para riego de áreas verdes del espacio público Abel Martínez, se cubrirían porcentajes significativos durante los 8 meses de la temporada lluviosa (ver Figura 4.16); adicionalmente, se conseguiría un ahorro anual de S/ 3224.58 (ver Tabla 4.18). [Por cierto, el ahorro calculado es aceptado únicamente para fines investigativos por el valor fundamental que tiene para la vida, ya que el agua potable es preferentemente para consumo humano y no podría ser medible bajo un enfoque monetario para el uso

destinado]. Se recomienda en este punto que se sumen y complementen otras estrategias sustentables o ecotecnias dentro del espacio público Abel Martínez para cubrir la demanda y otras requeridas por el parque como descarga de inodoros, lavado de manos, agua para consumo humano, entre otras.

RECOMENDACIONES ADICIONALES

Para una futura construcción de un nuevo modelo o réplica del modelo a escala de la cubierta urbana sustentable, se recomienda usar contrachapado de espesores superiores a 15 mm, ya que el ensayo inicial hizo notar que espesores como de 9 mm eran demasiado frágiles para su manejo y ensamblado (ver Anexo 1.11).

En cuanto, la escala del modelo de cubierta urbana sustentable, se recomienda no emplear una menor de 1:2. Si se da el caso, asegurarse la disponibilidad y adaptación de los accesorios.

El modelo fue construido con herramientas y maquinaria básica; de disponer la accesibilidad y los recursos económicos, de preferencia se recomienda para los cortes de las piezas emplear una máquina con sistema de automatización CNC para obtener mayor rapidez y precisión.

Asegurarse de encontrar el lugar adecuado donde instalar la cubierta urbana sustentable, preferentemente que no esté al alcance de terceros al menos durante la etapa de registro de precipitaciones, ya que pueden afectarse debido a alguna manipulación inadecuada.

REFERENCIAS

1. SMEDLEY, T. ¿Se está acabando el agua dulce en el mundo? [en línea]. *BBC News Mundo* [fecha de consulta: 13 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-39699793>
2. ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). AQUASTAT - Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura [en línea]. *FAO* [fecha de consulta: 14 de setiembre de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/aquastat/es/overview/methodology/water-use/>
3. GÓMEZ, M. *Hidrología urbana*. Barcelona: Flumen, 2007. 331 pp.
4. ZAPATA, A. Aguacero causó inundaciones en calles de Medellín [en línea]. *El Colombiano*, Antioquia, Colombia, 5 de setiembre de 2021 [fecha de consulta: 17 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/inundaciones-y-emergencias-por-lluvias-en-medellin-CF15541407>
5. INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Perú: perfil sociodemográfico. Informe Nacional. Censos Nacionales 2017* [en línea]. Lima, INEI, 2018 [fecha de consulta: 16 de setiembre de 2021]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf
6. ANAYA, M. *et al. Aguas atmosféricas: fuentes alternas para diversos usos en Iberoamérica*. Montecillo, Texcoco, México: Colegio de Postgraduados, 2020. 216 pp. ISBN 978-607-715-419-8.
7. Ley 29338. Ley de Recursos Hídricos [en línea]. Lima, Perú, 30 de marzo de 2009. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>
8. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C, y BAPTISTA, M. *Metodología de la investigación*. 6.ª ed. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, 2014. 600 pp. ISBN 978-1-4562-2396-0.
9. REAL Academia Española. *Diccionario manual e ilustrado de la lengua española*. 2.ª ed. Espasa-Calpe, 1975. 1572 pp. ISBN 8423947246.
10. MINISTERIO de Vivienda y Urbanismo (MINVU). *Manual de elementos urbanos sustentables*. Tomo II: Pavimentos y circulaciones, mobiliario urbano. Chile: Grupo Donnebaum, 2017. 195 pp. ISBN 978-956-9432-59-0.
11. TOBÍAS, S. y HERNÁNDEZ, J. El techo escudo como captador pluvial en Ciudad

- Juárez, México. Hábitat Sustentable [en línea]. Junio, 2019, 9(1), 32-45 [fecha de consulta: 9 de setiembre de 2021]. ISSN: 0719-0700. Disponible en:
<https://doi.org/10.22320/07190700.2019.09.01.03>
12. MARANGONI, T. Avaliação de desempenho quali-quantitativa da captação de águas pluviais em planos verticais. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil). Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", 2017, 147 pp. [fecha de consulta: 8 de enero de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11449/150847>
 13. AVELAR, J., SÁNCHEZ, J., DOMÍNGUEZ, A., LOBATO, C. y MANCILLA, O. Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. Idesia [en línea]. Marzo, 2019, 37(1), 53-59 [fecha de consulta: 14 de enero de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>
 14. ORTIZ, W., y VELANDIA, W. Propuesta para la captación y uso de agua lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua. Proyecto de grado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017, 67 pp. [fecha de consulta: 13 de enero de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/15502>
 15. RAMÍREZ, V. Efecto del sistema techo verde - tanque de almacenamiento en el pico de esorrentía en un sector del barrio Manga, en Cartagena de Indias. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena, 2020, 64 pp. [fecha de consulta: 14 de enero de 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11227/11488>
 16. JIMÉNEZ, J. Diseño e instalación de un sistema captador de lluvia para la mejora en el abastecimiento de agua de consumo humano, Iparía - Ucayali. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali, 2020, 93 pp. [fecha de consulta: 10 de setiembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4220>
 17. RUIZ, A. Aprovechamiento hídrico y sistema de captación de agua pluvial en techos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes - Huancayo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2019, 282 pp. [fecha de consulta: 8 de enero de 2022]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12542/778>
 18. ATENCIO, E. Determinación del sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales, para uso pecuario en la comunidad de Suquinapi del distrito de Ilave, 2016. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017, 134 pp. [fecha de consulta: 13 de enero de 2022]. Disponible en:

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/4791>

19. MORALES, E. Validación técnica y económica de un sistema de captación y tratamiento de agua de lluvia diseñado para su uso masificado en comunidades nativas distrito Nieva, provincia Condorcanqui, Amazonas. Tesis (Maestro en Gestión para el Desarrollo Sustentable). Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2021, 75 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2460>
20. CASINELLO, F. *Construcción, carpintería*. Madrid: Rueda, 1973, 384 pp. ISBN: 978-84-7207-006-6.
21. ALEGRE, E., PERLA, A., y LÓPEZ, J. *La materia del arte: técnicas y medios*. Madrid: Editorial Universitaria Ramón Areces, 2016, 576 pp. ISBN: 978-84-9961-225-6.
22. BURGA, J., MONCLOA, C., PERALES, M., SÁNCHEZ, J., y SHIROTA, J. *Tradición y modernidad en la arquitectura del Mantaro*. Lima: Universidad Continental de Ciencias e Ingeniería, 2015, 280 pp. ISBN 978-612-4196-29-4.
23. NOVAK, C., VAN GIESEN, E., y DEBUSK, K. *Designing rainwater harvesting systems: integrating rainwater into building systems*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2014, 312 pp. ISBN: 978-1-118-41047-9.
24. MINISTERIO de Vivienda y Urbanismo (MINVU). *Manual de elementos urbanos sustentables*. Tomo I: Sustentabilidad en el espacio público y recomendaciones para Chile. Chile: Grupo Donnebaum, 2017. 200 pp. ISBN: 978-956-9432-58-3.
25. HUERTA, S. *Arcos, bóvedas y cúpulas: geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera, 2004, 637 pp. ISBN 84-9728-129-2.
26. CHING, F. *Diccionario visual de arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili, 1997. 360 pp. ISBN: 978-84-252-2020-3.
27. FERRI, J., PÉREZ, V., y GARCÍA, E. *Principios de construcción*. Club Universitario, 2010, 320 pp. ISBN: 978-84-9948-261-3.
28. TORROJA, E. *Razón y ser de los tipos estructurales*. 3.^a ed. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2010, 318 pp. ISBN: 978-84-00-08612-1.
29. GUINDOS p. *Fundamentos del diseño y la construcción con madera*. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2019, 463 pp. ISBN: 978-956-14-2453-1.
30. BERMÚDEZ, C. *Curso básico de estructuras metálicas*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, 2005, 77 pp. ISBN: 958-9322-89-1. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9117>
31. CASSINELLO, F. *Construcción: hormigonería*. 2.^a ed. Madrid: Rueda, 1996, 657 pp.

- ISBN: 84-7207-095-6.
32. CASSINELLO, F. *La conquista de la esbeltez*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano, 2010, 370 pp. ISBN 978-84-920755-8-4. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=582131>
 33. DE LA LANZA, G., CÁCERES, C., ADAME, S., y HERNÁNDEZ, S. *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. California: Instituto de Biología, Universidad Autónoma de Baja California Sur, 2007. 287 pp. ISBN: 968-856-711-6.
 34. MICELI, A. *Arquitectura sustentable: más que una nueva tendencia una necesidad*. Buenos Aires: Nobuko, 2016, 224 pp. ISBN: 9789874000118.
 35. MADEREY, L. *Principios de hidrogeografía: estudio del ciclo hidrológico*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, 2005, 102 pp. ISBN: 970-32-2812-7. Disponible en: <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/27>
 36. MEDIERO, L. *Hidrología*. Madrid: Ediciones Paraninfo, 2021, 348 pp. ISBN: 9788428345002.
 37. ANAYA, M. *Sistemas de captación de agua de lluvia para uso domestico en América Latina y el Caribe: manual técnico*. México: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1998, 133 pp. Disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B1218e/B1218e.pdf>
 38. BASUALDO, A. *Manual de buenas prácticas para la generación, el almacenamiento y la difusión de informática climática en instituciones y organismos del Mercosur*. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2015, 80 pp. ISBN 978-92-9248-590-0. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2549>
 39. CONGRESO Meteorológico Mundial. *Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológicos*. 6.ª ed. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial, 1996.
 40. MONASTERIO p., PIERRE, F., BARRETO, T., ALEJOS, G., MATURET, W., y TABLANTE, J. El pluviómetro artesanal: una manera práctica de medir la precipitación. INIA Divulga [en línea]. 2008, 11, 45-48 [fecha de consulta: 9 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/0231c67b-3d33-3bb0-a9a0-1f74dc3fcb02/>
 41. SERVICIO Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). Datos hidrometeorológicos a nivel nacional [en línea]. *Senamhi*. Lima, Perú, s.f. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=estaciones>

42. ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). *Captación y almacenamiento de agua de lluvia: opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile: FAO, 2013, 270 pp. ISBN: 978-92-5-307580-5.
43. BUTLER, D., DIGMAN, C., MAKROPOULOS, C., y DAVIES, J. *Urban drainage*. 4.^a ed. New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2018, 592 pp. ISBN: 9781498750585.
44. WORM, J. y HATTUM, T. *Recolha de água da chuva para uso doméstico*. Wageningen, Países Bajos: Fundação Agromisa, 2006, 90 pp. ISBN 90-8573-055-4.
45. SECRETARÍA del Medio Ambiente de la Ciudad de México (Sedema), ISLA Urbana (IU), INSTITUTO Internacional de Recursos Renovables (IRRI). *Cosechar la lluvia: manual para instalar un sistema de captación pluvial en tu vivienda*. Ciudad de México: Sedema, 2020, 116 pp. Disponible en: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/DGCPCA/ManualCosecharLaLluvia.pdf>
46. MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Vivienda). Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE [en línea]. Lima, 4 de noviembre de 2021, *Gob.pe*. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/2309793-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
47. INSTITUTO Nacional de Recursos Hidráulicos (Indrhi). *Aumento de la oferta hídrica*. República Dominicana: Centro para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos en los Estados Insulares del Caribe (Cehica), 2010, 179 pp. ISBN 978-9945-442-87-8. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2011/02/aumentoofertahidrica.pdf>
48. TEXAS Water Development Board. *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*. 3.^a ed. Austin, Texas, 2005, 83 pp. Disponible en: https://www.twdb.texas.gov/publications/brochures/conservation/doc/RainwaterHarvestingManual_3rdedition.pdf
49. COMISIÓN Nacional del Agua (Conagua). *Lineamientos técnicos: Sistema de captación de agua de lluvia con fines de abasto de agua potable a nivel vivienda*. 2016, México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).
50. UNITED Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT). *Rainwater Harvesting and Utilisation*. Book 3: Project Managers & Implementing Agencies [Blue Drop Series]. Nairobi, Kenya: UN-HABITAT, 2005, 91 pp. ISBN: 9211318289. Disponible en: <https://unhabitat.org/blue-drop-series-on-rainwater-harvesting-and-utilisation-book-3project-managers-and-implemetation-agency>

51. Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias [en línea]. *Diario Oficial El Peruano*, Lima, Perú, 7 de junio de 2017. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
52. FERNÁNDEZ, A. Ruta arquitectónica de Ildfonso Sánchez del Río Pisón [en línea]. *Perspectiva*, La Rioja, España, 27 de mayo de 2021 [fecha de consulta: 14 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.en-perspectiva.es/2021/05/27/ruta-arquitectonica-de-ildefonso-sanchez-del-rio-pison/#>
53. RIVERO, M. El Paraguas de la Pola: de «desastre» a premio regional [en línea]. *El Comercio*, Asturias, España, 8 de noviembre de 2021 [fecha de consulta: 14 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.elcomercio.es/asturias/siero-centro/paraguas-pola-desastre-20211108000630-ntvo.html>
54. CASSINELLO p. y REVUELTA, B. (Coords.). *Ildfonso Sánchez del Río Pisón: el ingenio de un legado*. Madrid: Fundación Juanelo Turriano, 2011, 256 pp. ISBN: 978-84-937754-1-4.
55. WILLIAMS, C. Una nueva bóveda cáscara [en línea]. *Archivo Amancio Williams*, Buenos Aires, Argentina, 2017 [fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.amanciowilliams.com/archivo/una-nueva-boveda-cascara>
56. WILLIAMS, C. Obras [en línea]. *Archivo Amancio Williams*, Buenos Aires, Argentina, 2017. (En sección: No construido) [fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.amanciowilliams.com/vista-obras/itemlist/filter?searchword4=No+construido&moduleId=99&ItemId=122>
57. WILLIAMS, C. Monumento en homenaje a Amancio Williams [en línea]. *Archivo Amancio Williams*, Buenos Aires, Argentina, 2017 [fecha de consulta: 13 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.amanciowilliams.com/archivo/monumento-en-homenaje-a-amancio-william>
58. FOSTER + Partners. Projects / Repsol service stations [en línea]. *Foster + Partners*, Reino Unido, s.f. [fecha de consulta: 14 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.fosterandpartners.com/projects/repsol-service-stations/>
59. MORA, M. Foster debuta en Madrid con una gasolinera [en línea]. *El País*, Madrid, España, 3 de marzo de 1998 [fecha de consulta: 14 de agosto de 2022]. Disponible en: https://elpais.com/diario/1998/03/04/cultura/888966001_850215.html
60. CEJADOR, M. El pabellón español de los hexágonos o el sueño de una noche de verano [en línea]. *I Simposio anual de Patrimonio Natural y Cultural ICOMOS España*

- (pp. 131-138). Editorial Universitat Politècnica de València, 21-23 de noviembre de 2019 [fecha de consulta: 14 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/160137>
61. LAVILLA, Q. Una joya arquitectónica se pudre en la Casa de Campo [en línea]. *elmundo.es*, Madrid, España, 20 de mayo de 2007 [fecha de consulta: 14 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.elmundo.es/elmundo/2007/05/18/madrid/1179490276.html>
 62. CIRCARQ. Pabellón de los hexágonos [en línea]. *CIRCARQ*, 29 de febrero de 2020 [fecha de consulta: 15 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://circarq.wordpress.com/2020/02/29/11294/>
 63. ORTS, R. *Reconstrucción digital del Pabellón de los Hexágonos de Corrales y Molezún para la Exposición Universal de 1958: Arquitecturas y paisajes ausentes siglo XX*. Trabajo de grado. Universidad Politécnica de Valencia, 2018. 161 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/107622>
 64. MINISTERIO de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, INSTITUTO Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). Glosario hidrológico [en línea]. Ciudad de Guatemala, Guatemala, s.f. [fecha de consulta: 3 de enero de 2022]. Disponible en: <https://insivumeh.gob.gt/?p=1898>
 65. Resolución Jefatural N° 151-2020-ANA. Aprueban el documento denominado “Glosario de términos de la Ley N° 29338. Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 001-2010-AG” [en línea]. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 3 de octubre de 2020. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-documento-denominado-glosario-terminos-ley-ndeg-29338-ley>
 66. ORTIZ, J., MASERA, O., y FUENTES, A. *La ecotecnología en México*. Michoacán, México: Unidad de Ecotecnologías del Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia, 2014. 126 pp. ISBN: 978-607-8389-03-2. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/272682146>
 67. BORJA, J. y MUXI, Z. *El espacio público: ciudad y ciudadanía*. Barcelona: Electa, 2003. 118 pp. ISBN: 84-8156-343-9 84-7794-904-2.
 68. CARSON Dunlop & ASSOCIATES Limited. *Principles of home inspection: Roofing*. Chicago: Dearborn Home Inspection Education, 2003, 224 pp. ISBN: 0793179505.
 69. Resolución Jefatural N° 142-2019-ANA. Lineamientos para determinar y establecer los parámetros de eficiencia para el aprovechamiento de los recursos hídricos. Lima, Perú,

- 25 de julio de 2019. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/ana/normas-legales/537742-rj-142-2019-ana>
70. ÑAUPAS, H., PALACIOS, J., VALDIVIA, M. y ROMERO, H. *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*. 5.ª ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2018, 625 pp. ISBN: 978-958-762-876-0.
 71. GÓMEZ, M. *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Córdoba: Brujas, 2006, 160 pp. ISBN: 987-591-026-0.
 72. EPS Sedam Huancayo S.A. Conoce tu recibo [en línea]. *EPS Sedam Huancayo S.A.* Huancayo, Perú, 2020 [fecha de consulta: 2 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sedamhuancayo.com.pe/conoce-tu-recibo/>
 73. CHAVARRÍA, M. *La eficacia de la creatividad: creactívate*. Madrid: ESIC Editorial, 2015, 175 pp. ISBN: 978-84-16462-09-4.
 74. CHIBÁS, F. *Creatividad, innovación y emprendedorismo en organizaciones educativo-culturales en la era digital*. La Habana: Pueblo y Educación, 2017, 237 pp. ISBN: 978-959-13-3850-1.

ANEXOS

Anexo 1.1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>GENERAL ¿La cubierta urbana sustentable influye con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca?</p>	<p>GENERAL Determinar cómo la cubierta urbana sustentable influye con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.</p>	<p>GENERAL La cubierta urbana sustentable influye favorablemente con relación al desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.</p>	<p>DEPENDIENTE: USO DE AGUAS PLUVIALES (efecto)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de aguas pluviales sin uso - Calidad de agua pluviales de la zona - Temporada lluviosa y seca 	<ul style="list-style-type: none"> - MÉTODO: Científico - NIVEL: Aplicada - ALCANCE: Correlacional - DISEÑO: Experimental - CLASE DE DISEÑO: Cuasiexperimental - POBLACIÓN Y MUESTRA: No probabilístico de un estudio de caso “modelo a escala de la cubierta urbana sustentable” - TECNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Técnica de observación y recopilación de información primaria - INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: (revisar Capítulo III) - TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS: Estadística descriptiva
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿La cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca?</p>	<p>OBJETIVO ESPECÍFICOS Determinar cómo la cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS La cantidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable reduce significativamente el desaprovechamiento de uso de aguas pluviales para riego de áreas verdes en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.</p>			
<p>¿La calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y las del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca serán óptimas para riego de áreas verdes?</p>	<p>Comprobar si la calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y la del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca son óptimas para el riego de áreas verdes.</p>	<p>La calidad de aguas pluviales captada por la cubierta urbana sustentable y la del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca son óptimas para el riego de áreas verdes.</p>	<p>INDEPENDIENTE: CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE (causa)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de aguas pluviales captada - Calidad de agua pluvial captada - Versatilidad 	
<p>¿La versatilidad del diseño propuesto de cubierta urbana sustentable sería viable durante la temporada lluviosa y seca en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca?</p>	<p>Determinar cómo la versatilidad del diseño propuesto de cubierta urbana sustentable sería viable durante la temporada lluviosa y seca en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.</p>	<p>La versatilidad del diseño propuesto de cubierta urbana sustentable sería viable durante la temporada lluviosa y seca en el espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca.</p>			

Anexo 1.2. Cargo de solicitud de planos del parque Abel Martínez

Municipalidad Distrital de Chilca
OFICINA DE TRAMITE DOCUMENTARIO

17 ENE. 2022

N° DOC: 78273

N° EXP: 48804

POUCS: 07 HORA: 12:03

Solicitud: Copias digitales de los planos de todas las especialidades del parque Abel Martínez de Chilca.

Sr. Juan Irineo Riveros Sanchez
Gerente de Desarrollo urbano

Candy Romero Yacolca, identificado con DNI 45881126, domiciliada en pasaje Ancalá 161 - Chilca - Huancayo, y Gabriel Darío Villar Ibarra, identificado con DNI 44681440, domiciliado en pasaje Los Héroes 204, Pio Pata - El Tambo - Huancayo, ambos bachilleres en Arquitectura; acudimos a su despacho y exponemos:

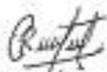
Que contando con la Resolución Decanal N° 04561-2021-FI-UC de aprobación del plan de tesis titulado "CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE APLICADA AL USO DE AGUAS PLUVIALES DENTRO DEL ESPACIO PÚBLICO ABEL MARTINEZ DEL DISTRITO DE CHILCA AL 2021", solicitamos a su despacho copias digitales de los planos de todas las especialidades del parque Abel Martínez de Chilca, los cuales contribuirán significativamente en el desarrollo del proyecto trazado.

Asimismo, dejamos el siguiente correo para la remisión de los datos solicitados celduu@gmail.com y adjuntamos a la presente lo siguiente:

- Copia de Resolución Decanal N° 04561-2021-FI-UC de aprobación del plan de tesis

Esperamos contar con su gentil atención a nuestra solicitud.

Huancayo, 17 de enero de 2022.


Candy Romero Yacolca
45881126


Gabriel Darío Villar Ibarra
44681440



GESTIÓN EDIL 2019 - 2022

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Chilca, 19 de enero de 2022

CARTA N° 151 -2020-MDCH/GDU-SGPUC

Señor(a) (Ita):

Candy Romero Yacola Y Gabriel Dario Villar Ibarra

Pje. Áncala 161 - CHILCA

ASUNTO: Copias digitales de los planos de toda las especialidades del parque Abel Martínez de Chilca.

REFERENCIA: Exp. N° 48804 de 17/01/2022

De mi consideración:

Mediante el presente, me dirijo a usted a fin de expresarle mi cordial saludo, asimismo en atención al expediente de la referencia comunicarle lo siguiente:

- Visto los archivos de la Gerencia de Desarrollo Urbano, se le emite lo solicitado al email indicado. (PARQUE ABEL MARTINEZ - CATASTRO 2016.dwg – 83KB)

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para expresarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE CHILCA
GERENCIA DE DESARROLLO URBANO
AV. HUANCAYO N° 606
Arg. Paola L. Mendoza Orjeda
SUS ORDENES

www.munichilca.gob.pe

DIRECCIÓN
Av. Huancavelica N° 606
Chilca - Huancayo
CENTRAL TELEFÓNICA
064 - 233381

Anexo 1.4. Ficha de registro de precipitaciones de CUS

HOJA DE REGISTRO DE PRECIPITACIÓN EN CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE		N° de registro	Nombre de registrador	Día de registro	Hora de registro	Descripción del cielo	Precipitación captada primeras lluvias (litros)	Precipitación captada en almacenamiento o (litros)	Firma de registrador
<p>1-2</p> <p>PROYECTO: Trabajo de investigación</p> <p>NOMBRE DE PROYECTO: "Cubierta urbana sustentable aplicada al uso de aguas pluviales dentro del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca al 2021"</p> <p>TIPO DE CUBIERTA: Modelo a escala</p> <p>FECHA DE INSTALACIÓN: 29/10/2022</p> <p>FRECUENCIA DE REGISTRO: Diario</p>		1	Candy	01-12-22	07:14 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		2	Candy	02-12-22	07:37 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		3	Candy	03-12-22	07:23 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		4	Candy	04-12-22	07:30 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		5	Candy	05-12-22	08:14 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		6	Candy	06-12-22	07:02 h.	nublado	0	0	<i>remera</i>
		7	Candy	07-12-22	07:06 h.	nublado	0	0	<i>remera</i>
		8	Candy	08-12-22	07:18 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		9	Candy	09-12-22	07:28 h.	nublado	0	0	<i>remera</i>
		10	Candy	10-12-22	07:13 h.	nublado	completo	6.00	<i>remera</i>
		11	Candy	11-12-22	07:48 h.	nublado	2.90	0	<i>remera</i>
		12	Candy	12-12-22	07:31 h.	nublado	completo	11.00	<i>remera</i>
		13	Candy	13-12-22	07:11 h.	nublado	completo	8.00	<i>remera</i>
		14	Candy	14-12-22	07:03 h.	despejado	completo	18.50	<i>remera</i>
		15	Candy	15-12-22	07:10 h.	nublado	completo	48.35	<i>remera</i>
		16	Gabriel	16-12-22	07:20 h.	nublado	completo	21.00	<i>Abel</i>
		17	Candy	17-12-22	07:13 h.	nublado	completo	5.30	<i>remera</i>
		18	Candy	18-12-22	07:17 h.	nublado	completo	80.15	<i>remera</i>
		19	Candy	19-12-22	07:02 h.	nublado	0	0	<i>remera</i>
		20	Candy	20-12-22	07:26 h.	nublado	0	0	<i>remera</i>
		21	Candy	21-12-22	07:40 h.	nublado	0	0	<i>remera</i>
		22	Candy	22-12-22	07:05 h.	nublado	completo	0.90	<i>remera</i>
		23	Candy	23-12-22	07:14 h.	nublado	2.10	0	<i>remera</i>
		24	Candy	24-12-22	07:28 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		25	Candy	25-12-22	07:18 h.	despejado	0	0	<i>remera</i>
		26	Candy	26-12-22	07:20 h.	nublado	completo	10.00	<i>remera</i>
		27	Candy	27-12-22	07:10 h.	nublado	completo	27.30	<i>remera</i>
		28	Candy	28-12-22	07:19 h.	despejado	completo	50.00	<i>remera</i>
		29	Candy	29-12-22	07:28 h.	nublado	completo	7.00	<i>remera</i>
		30	Candy	30-12-22	07:18 h.	nublado	0	0	<i>remera</i>
		31	Candy	31-12-22	07:16 h.	nublado	completo	76.40	<i>remera</i>

Anexo 1.5. Ficha de registro de precipitaciones de pluviómetro artesanal

HOJA DE REGISTRO DE PRECIPITACIÓN EN
PLUVIÓMETRO ARTESANAL

1-2

PROYECTO:

Trabajo de investigación

NOMBRE DE PROYECTO:

"Cubierta urbana sustentable aplicada al uso de aguas pluviales dentro del espacio público Abel Martínez del distrito de Chilca al 2021"

TIPO DE PLUVIÓMETRO:

Pluviómetro artesanal

FECHA DE INSTALACIÓN:

26/10/2022

FRECUENCIA DE REGISTRO:

Diario

DIÁMETRO BOCA PLUVIÓMETRO OFICIAL:

$D_1 = 15.96 \text{ cm}$

DIÁMETRO BOCA DE PROBETA:

$D_2 = 4.20 \text{ cm}$

FÓRMULA DE PRECIPITACIÓN OFICIAL:

$$L_1 = \frac{D_2^2 \cdot L_2}{D_1^2}$$

N° de registro	Nombre de registrador	Día de registro	Hora de registro	Descripción del cielo	Precipitación probeta (mm) L_2	Precipitación oficial (mm) L_1	Firma de registrador
1	Candy	01-12-22	07:12 h.	despejado	0	0	romero
2	Candy	02-12-22	07:36 h.	despejado	0	0	romero
3	Candy	03-12-22	07:20 h.	despejado	0	0	romero
4	Candy	04-12-22	07:29 h.	despejado	0	0	romero
5	Candy	05-12-22	08:12 h.	despejado	0	0	romero
6	Candy	06-12-22	07:02 h.	nublado	0	0	romero
7	Candy	07-12-22	07:05 h.	nublado	0	0	romero
8	Candy	08-12-22	07:17 h.	despejado	0	0	romero
9	Candy	09-12-22	07:27 h.	nublado	0	0	romero
10	Candy	10-12-22	07:06 h.	nublado	214.00	14.12	romero
11	Candy	11-12-22	07:47 h.	nublado	26.00	1.72	romero
12	Candy	12-12-22	07:27 h.	nublado	88.00	5.81	romero
13	Candy	13-12-22	07:10 h.	nublado	75.50	4.98	romero
14	Candy	14-12-22	07:01 h.	despejado	131.50	8.68	romero
15	Candy	15-12-22	07:09 h.	nublado	352.00	23.23	romero
16	Gabriel	16-12-22	07:17 h.	nublado	153.50	10.13	Alta
17	Candy	17-12-22	07:11 h.	nublado	50.00	3.30	romero
18	Candy	18-12-22	07:15 h.	nublado	553.00	36.49	romero
19	Candy	19-12-22	07:01 h.	nublado	0	0	romero
20	Candy	20-12-22	07:25 h.	nublado	0	0	romero
21	Candy	21-12-22	07:40 h.	nublado	0	0	romero
22	Candy	22-12-22	07:05 h.	nublado	29.00	1.91	romero
23	Candy	23-12-22	07:12 h.	nublado	13.00	0.86	romero
24	Candy	24-12-22	07:27 h.	despejado	0	0	romero
25	Candy	25-12-22	07:17 h.	despejado	0	0	romero
26	Candy	26-12-22	07:19 h.	nublado	82.00	5.41	romero
27	Candy	27-12-22	07:09 h.	nublado	210.00	13.86	romero
28	Candy	28-12-22	07:18 h.	despejado	365.00	24.09	romero
29	Candy	29-12-22	07:27 h.	nublado	60.00	3.96	romero
30	Candy	30-12-22	07:16 h.	nublado	0	0	romero
31	Candy	31-12-22	07:12 h.	nublado	460.00	30.36	romero

Anexo 1.6. Análisis microbiológico y parasitológico de muestra M01 y M02

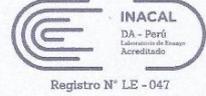


SAG

LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL-951



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



**INFORME DE ENSAYO N° 170188-2023
CON VALOR OFICIAL**

RAZÓN SOCIAL : ROMERO YACOLCA CANDY - VILLAR IBARRA GABRIEL DARIO
DOMICILIO LEGAL : P.J. ANCALA 161 - CHILCA
SOLICITADO POR : ROMERO YACOLCA CANDY - VILLAR IBARRA GABRIEL DARIO
REFERENCIA : MONITOREO AMBIENTAL CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL PARA EL PROYECTO DE "CUBIERTA URBANA SUSTENTABLE APLICADA AL USO DE AGUAS PLUVIALES DENTRO DEL ESPACIO PÚBLICO ABEL MARTÍNEZ DEL DISTRITO DE CHILCA"
PROCEDENCIA : P.J. ANCALA 161 - CHILCA
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS : 2023-01-12
FECHA(S) DE ANÁLISIS : 2023-01-12 AL 2023-01-16
FECHA(S) DE MUESTREO : 2023-01-11
MUESTREADO POR : ROMERO YACOLCA CANDY - VILLAR IBARRA GABRIEL DARIO
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Numeración de Coliformes Fecales	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E-1,23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.	1.8 ^(a)	NMP/100mL
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 G. (Ítem 2), 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation. Technique for Members of the Coliform Group. Other <i>Escherichia coli</i> Procedures (PROPOSED).	1.8 ^(a)	NMP/100mL
Formas Parasitarias	SAG-160930 Referenciado en el método identificación y cuantificación de enteroparasitos en aguas residuales. CEPIS 1993 (Validado). Identificación y/o Cuantificación de Formas Parasitarias en Aguas (cuantitativo y cualitativo).	1	Org/L

L.C.: límite de cuantificación.

(a) Límite de detección del método para estas metodologías por ser semicuantitativas.

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo	2023-01-11	2023-01-11
Hora de inicio de muestreo (h)	08:26	08:32
Coordenadas	478588.84E	478588.84E
	8664391.27N	8664391.27N
Altitud (msnm)	3277.4	3279.9
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	M01	M02
Código del Laboratorio	23010547	23010548

ENSAYOS ACREDITADOS ANTE INACAL-DA (SEDE LIMA 1)

Ensayo	Unidades	Resultados	
Numeración de Coliformes Fecales ⁽¹⁾	NMP/100mL	2	2
Numeración de <i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	<1.8	<1.8

(1) Coliformes Fecales es lo mismo que coliformes termotolerantes.

ING. TELLO PAUCAR MARILU
INGENIERA AMBIENTAL CIP
219624
SERVICIOS ANALITICOS
GENERALES SAC
Firmado con www.tocapu.pe

DIRECTOR TÉCNICO DE LABORATORIO

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. FI 009 / Versión 02 / E.E.: 09/2020

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima y Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 2



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL ORGANISMO
INTERNATIONAL ACCREDITATION
SERVICE, INC. - IAS
CON REGISTRO TL-951



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE
ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE - 047



INFORME DE ENSAYO N° 170188-2023 CON VALOR OFICIAL

II. RESULTADOS:

Producto declarado	Agua Superficial	Agua Superficial
Matriz analizada	Agua Natural	Agua Natural
Fecha de muestreo	2023-01-11	2023-01-11
Hora de inicio de muestreo (h)	08:26	08:32
Coordenadas	478588.84E 8664391.27N	478588.84E 8664391.27N
Altitud (msnm)	3277.4	3279.9
Condiciones de la muestra	Refrigerada	Refrigerada
Código del Cliente	M01	M02
Código del Laboratorio	23010547	23010548
ENSAYO ACREDITADO ANTE IAS-951		
Ensayo	Unidades	Resultados
FORMAS PARASITARIAS		
Familia/Género/Especie:		
Quistes y oocistos de protozoarios patógenos		
<i>Endolimax nana</i>	Quistes/L	<1
<i>Entamoeba sp.</i>	Quistes/L	<1
<i>Entamoeba coli</i>	Quistes/L	<1
<i>Eimeria sp.</i>	Quistes/L	<1
<i>Cyrtospora spp</i>	Quistes/L	<1
<i>Giardia sp.</i>	Quistes/L	<1
<i>Iodamoeba sp.</i>	Quistes/L	<1
<i>Chilomastix sp.</i>	Quistes/L	<1
<i>Blastocystis hominis</i>	Quistes/L	<1
<i>Balantidium coli</i>	Quistes/L	<1
<i>Isospora sp.</i>	Oocistos/L	<1
<i>Cyclospora sp.</i>	Oocistos/L	<1
<i>Cryptosporidium sp.</i>	Oocistos/L	<1
Huevos y larvas de Helminths		
<i>Ascaris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Ancylostomideo</i>	Huevos/L	<1
<i>Enterobius vermicularis</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichuris sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Toxocara sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Strongyloideo</i>	Huevos/L	<1
<i>Trichostrongyloideo</i>	Huevos/L	<1
<i>Capillaria sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Strongyloides stercoralis</i>	Huevos/L	<1
<i>Dyphylidium sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Taenia sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Moniezia sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Hymenolepis sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Diphyllobothrium sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Fasciola sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Paragonimus sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Schistosoma sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Macracanthorhynchus sp.</i>	Huevos/L	<1
<i>Larvas de nemátodos</i>	Larva/L	<1
TOTAL	Organismos/L	<1

Nota: <1 es equivalente a 0, lo que indica la no detección de formas parasitarias.
Formas parasitarias es equivalente a decir Parasitos y protozoarios

Lima, 19 de Enero del 2023.

EXPERTS
WORKING
FOR YOU

Cod. FI.009 / Versión 02 / F.E.: 09/2020

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorios Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima y Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima
• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

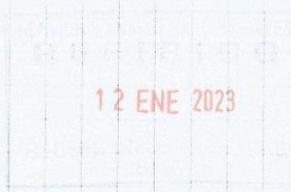
Página 2 de 2



CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO - DE AGUAS Y SUELOS

FR-005
Version: 03
FE: 12/2022
Página: 1 de 1

Cliente: Romero Yacoca Candy Contacto: Zili Anselmo E-mail: Zili.erosgroup@gmail.com Telef.(s): 956000691
 Lugar: Pj. Ancata # 161 - Chilca Empresa: --- Planta: --- Proyecto: Análisis de Agua Superficial
 Carta/Cotización: Nº 2022-12W-108-4-1 MUESTREADO POR SAG: --- MUESTREADO POR CLIENTE: X

PUNTO DE MUESTREO o CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		TIPO DE MATRIZ	PARAMETROS IN SITU				ANÁLISIS DE LABORATORIO	Nº Informe: <u>170198 2023</u>	
	FECHA	HORA		Coliformes	Termo Tolerantes	Parásitos	Escherichia coli		CÓDIGO DE LABORATORIO	DATOS ADICIONALES
M01	11-01-23	06:26	Agua Superficial	X	X	X			23010547	
M02	11-01-23	08:33	Agua Superficial	X	X	X			23010548	
										

Observaciones de Muestreo: _____

Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable del muestreo: Romero Yacoca Candy Firma(s): [Firma] Recibido en laboratorio: 17
 Nombre(s) y Apellido(s) del Responsable o Supervisor en campo: Villar Ibarra Gabriel Darío Firma(s): [Firma] Día/Hora: 09:00

Anexo 1.7. Evidencia fotográfica de toma de muestras M01



Anexo 1.8. Evidencia fotográfica de toma de muestras M02



Anexo 1.9. Funcionamiento de depósito de primeras lluvias y almacenamiento



Anexo 1.10. Pluviómetro artesanal instalado



Anexo 1.11. Fotografías de falla por uso de contrachapado de espesor de 9 mm



Anexo 1.12. Esquema de ubicación de lugar de experimentación respecto del espacio público

