



Liliana Gutiérrez Ruidíaz

**Uso del diseño en el desarrollo de un sistema de
calentamiento de agua con materiales
accesibles y aprovechamiento de energía
solar para poblaciones en zonas rurales de
Sampaio Corrêa, R.J.**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do grau de Mestre pelo
Programa de Pós-Graduação em Design do
Departamento de Design da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Fernando Betim Paes Leme

Rio de Janeiro
Abril de 2014



Liliana Gutiérrez Ruidíaz

**Uso del diseño en el desarrollo de un sistema de
calentamiento de agua con materiales
accesibles y aprovechamiento de energía
solar para poblaciones en zonas rurales de
Sampaio Corrêa, R.J.**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Design da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Fernando Betim Paes Leme

Orientador

Departamento de Artes & Design – PUC-Rio

Prof. Alfredo Jefferson de Oliveira

Departamento de Artes & Design – PUC-Rio

Prof. Douglas Ladik Antunes

Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

Profa. Denise Berruezo Portinari

Coordenadora Setorial do Centro de Teologia e
Ciências Humanas – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 11 de abril de 2014

Todos los derechos reservados. Es prohibida la reproducción total o parcial del trabajo sin la autorización de la universidad, de la autora y del orientador.

Liliana Gutiérrez Ruidíaz

Se graduó en Diseño Industrial en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (UJTL – Colombia) en junio de 2009. Ingresó en el programa de maestría en Diseño del Departamento de Artes & Design en marzo de 2012.

Ficha Catalográfica

Gutiérrez Ruidíaz, Liliana

Uso del Diseño en el desarrollo de un sistema de calentamiento de agua con materiales accesibles y aprovechamiento de la energía solar para poblaciones en zonas rurales de Sampaio Corrêa, RJ / Liliana Gutiérrez Ruidíaz ; orientador: Fernando Betim Paes Leme. – 2014.

166 f : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2014.

Inclui bibliografia

1. Artes e design – Teses. 2. Design. 3. Sustentabilidade. 4. Participação. 5. Terra crua. 6. Fibras naturais. 7. Energia solar. 8. Populações de zonas rurais. 9. Aquecimento de água. I. Leme, Fernando Betim Paes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Artes e Design. III. Título.

CCD: 700

Para mis padres y mi hermano, por todo su amor y apoyo, por siempre creer en mí, sin ustedes nunca hubiese llegado hasta aquí.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por esta oportunidad inmensa que me dio, por todas las cosas maravillosas que me ocurrieron desde que llegué a Brasil, por haberme traído hasta aquí y permitirme crecer como profesional y como persona.

A mis padres Rafael y Mérida, por todo su amor y apoyo incondicional, sin ustedes no sería nadie en esta vida y no hubiese podido terminar esta etapa con éxito. Mi amor por ustedes es gigantesco y la nostalgia que siento es demasiada. Gracias por quererme llevar siempre en el camino correcto y mandarme todas las bendiciones para nunca perder el enfoque. A mi hermano Juan Ca, por ser mi otro apoyo en la vida, por ser siempre mi amigo y compañía, por todas las risas que me das cada día sin importar los momentos difíciles, que la vida siempre mantenga nuestra amistad y unión.

A mi orientador Fernando Betim, por haberme recibido con los brazos abiertos literalmente desde que llegué a Brasil, por todo su apoyo y enseñanza a lo largo de estos dos años. Por el cariño, que más que su orientada siempre me hizo sentir como su hija, siempre será una persona que recordaré por el resto de mi vida.

A los Profesores de la banca por haber aceptado la invitación y por su disposición, al departamento de Artes & Design, por la ayuda proporcionada, por todos los recursos necesarios para mi aprendizaje y por su acogida, a mis profesores del departamento por la enseñanza y paciencia, a mis compañeros de clase, por toda la ayuda que me dieron.

Al departamento de Arquitectura, por proporcionar todos los recursos y disponer su infraestructura, a Mesías por su gran paciencia y apoyo incondicional, por estar

siempre a disposición cada vez que lo necesité, su presencia en esta investigación fue fundamental, gracias por toda su ayuda.

A las poblaciones de Sampaio Corrêa, por haber aceptado la participación en la investigación, por haber abierto las puertas de sus hogares para el desarrollo del proyecto.

Al CNPq, por los recursos proporcionados y el apoyo financiero, a la PUC-Rio por permitirme crecer profesionalmente, por haber sido mi hogar durante estos dos años, por darme toda la enseñanza, los recursos y la infraestructura necesaria para mi aprendizaje.

A Brasil, porque nunca imaginé que iba a llegar hasta este país, que me ha dado una de las mejores cosas de la vida, porque gracias a las situaciones de la vida, llegué hasta aquí sin pensarlo.

A Cida, por su amistad sincera, cariño y ayuda, gracias por todas las cosas que vivimos, por ser un apoyo incondicional desde que llegué a Brasil. Nunca voy a olvidar a una persona que ha sido más que mi amiga, mi hermana y mi mamá adoptiva, gracias por todo, sin ti creo que hubiese regresado hace mucho tiempo.

A mis amigas de la casa, Fiorella, Amparito y Laura, aunque nos conocimos hace poco, el cariño que les tengo es inmenso, gracias por su amistad.

A mi Familia, por todo su cariño y apoyo, a mi Abuela (+), no pude despedirme de ti, pero tus risas, tu alegría, tu compañía y tu amor siempre estarán conmigo, un día te podré abrazar de nuevo, te extraño mucho. A mis amigas en Colombia, por su amistad sincera de muchos años, el cariño que les tengo es gigantesco, gracias por su amistad, son las hermanas que no tuve. A mi Colombia, cuanta nostalgia.

Resumen

Gutiérrez Ruidíaz, Liliana; Betim, Fernando. **Uso del Diseño en el desarrollo de un sistema de calentamiento de agua con materiales accesibles y aprovechamiento de energía solar para poblaciones en zonas rurales de Sampaio Corrêa, R.J.** Rio de Janeiro, 2014. 166p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabajo propone a partir de la localización de problemas socioambientales de poblaciones rurales del distrito de Sampaio Corrêa, en el municipio de Saquarema (Estado de Rio de Janeiro), investigar posibilidades de aprovechamiento de la energía solar y utilización de materiales naturales y de fácil disponibilidad, hallados en el contexto de la población, como tierra cruda y fibras naturales, en el desarrollo de un sistema de calentamiento de agua solar para ser trabajado con la población de este distrito. El objetivo de la investigación es reducir la utilización de la leña como fuente energética, haciendo una transición a la energía solar, para disminuir los inconvenientes en la salud de la población en lo referente a la aspiración del humo de la leña y al mismo tiempo reducir la contaminación en el ambiente junto con la desertificación, consecuencias del uso constante de la leña. A partir de esa situación son propuestos dos conceptos. El Diseño Participativo tiene como base mejorar los aspectos sociales de las poblaciones, proponiendo un proceso participativo que genere proactividad, autosuficiencia y apropiación. La Sustentabilidad Ecológica, tiene como objetivo mejorar las cuestiones ambientales, utilizando la energía solar junto con materiales naturales en la construcción del sistema de calentamiento de agua.

Palabras-claves

Diseño; sustentabilidad; participación; tierra cruda; fibras naturales; energía solar; poblaciones de zonas rurales.

Resumo

Gutiérrez Ruidíaz, Liliana; Betim, Fernando. **Uso do Design no desenvolvimento de um sistema de aquecimento de água com materiais acessíveis e aproveitamento de energia solar para populações em zonas rurais de Sampaio Corrêa, R.J.** Rio de Janeiro, 2014. 166p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Artes e Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Este trabalho propõe a partir da localização de problemas socioambientais de populações rurais do distrito de Sampaio Corrêa, no município de Saquarema (Estado do Rio de Janeiro), investigar possibilidades de aproveitamento da energia solar e da utilização de materiais naturais e de fácil disponibilidade, achados no contexto da população, como terra crua e as fibras naturais, no desenvolvimento de um sistema de aquecimento de água solar para ser trabalhado com a população deste distrito. O objetivo desta pesquisa é reduzir a utilização da lenha como fonte energética, fazendo uma transição à energia solar, para diminuir os inconvenientes na saúde da população no referente à aspiração da fumaça da lenha e ao mesmo tempo reduzir a poluição no ambiente junto com a desertificação, consequências do uso constante da lenha. A partir dessa situação são propostos dois conceitos. O Design Participativo tem como base melhorar os aspectos sociais das populações, propondo um processo participativo que gere proatividade, autossuficiência e apropriação. O segundo conceito, Sustentabilidade Ecológica, tem como objetivo melhorar as questões ambientais, utilizando a energia solar junto com materiais naturais, na construção do sistema de aquecimento de água.

Palavras-chave

Design; sustentabilidade; participação; terra crua; fibras naturais; energia solar; populações de zonas rurais.

Sumario

1 Introducción	17
2 Un puente entre la teoría y la práctica: Saberes participativos y sustentables desde el Diseño	23
2.1. Diseño Participativo	23
2.2. Sustentabilidad Ecológica	48
3 Estudios sociales dentro de las poblaciones rurales (Sampaio Corrêa, Saquarema, Estado de Rio de Janeiro)	63
3.1. Análisis Espacial	65
3.2. Análisis Climatológico	69
3.3. Análisis Sociocultural	73
4 Primeros experimentos de estudio de caso	83
4.1. Fundamentación en estudios de energía solar	85
4.1.1. Energía solar térmica	87
4.1.1.1. Efecto de invernadero	89
4.1.1.2. Colectores solares	90
4.1.1.3. Aplicación de colectores solares	94
4.2. Experimentaciones	98
4.2.1. Experimentación inicial	98
4.2.1.1. Selección de materiales y principios físicos	98
4.2.1.2. Experimentos	105
4.2.2. Experimentación final	113
4.2.2.1. Diseño de sistema de calentamiento agua y cocción solar	113
4.2.2.1.1. Relación con la fundamentación en energía solar	114
4.2.2.1.2. Esquema básico y diseño final	115
4.2.2.1.3. Proceso y montaje del sistema	119
4.2.2.1.4. Experiencias con el sol	125

5 Prospección de Estudio de Caso	149
5.1. Etapas del proceso participativo en la investigación ideal	150
6 Conclusiones	159
6.1. Sugestiones para futuros trabajos	162
7 Referencias Bibliográficas	164

Lista de figuras

Figura 1. Lo que las personas dicen, hacen y construyen	39
Figura 2. Tres perspectivas para entender la experiencia	40
Figura 3. Complejo Funcional	56
Figura 4. Estrategia del Life Cycle Design y Fases del Ciclo de Vida	59
Figura 5. Aspectos observados en términos generales en la población de la zona rural de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J.	64
Figura 6. Ubicación geográfica de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J.	
Figura 7. Superior: Serra do Tingui. Inferior: Serra do Mato Grosso. Cercan el distrito de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J.	66
Figura 8. Recursos encontrados en la zona del distrito de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J.	67
Figura 9. Recursos encontrados en la zona del distrito de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J.	68
Figura 10. Clasificación climática de Köppen en Sur América, especificando el municipio de Saquarema, R.J.	69
Figura 11. Gráficas con temperaturas máximas y mínimas diarias durante verano de 2013.	70
Figura 12. Gráficas con temperaturas máximas y mínimas diarias durante invierno de 2013.	71
Figura 13. Análisis de precipitaciones acumuladas a lo largo del año de 2013.	72
Figura 14. Población total en el distrito de Sampaio Corrêa. Censo realizado en 2010.	75
Figura 15. Población total en el municipio de Saquarema. Censo realizado en 2010.	75
Figura 16. Población rural residente en municipios del estado de Rio de Janeiro. Censo realizado en 2010.	76
Figura 17. División espacial del municipio de Saquarema.	77
Figura 18. Falta de acceso vial en algunas poblaciones del distrito debido a su topografía.	77
Figura 19. Relación del entorno sobre el distrito de Sampaio Corrêa,	

donde la línea amarilla muestra los campos agrícolas y ganaderos de la zona.	78
Figura 20. Campos agrícolas de la zona.	79
Figura 21. Superior: Viviendas con características de simplicidad y rusticidad. Inferior: Viviendas al interior del distrito con aspectos menos rústicos.	80
Figura 22. Horno de leña en algunas poblaciones del distrito de Sampaio Corrêa.	81
Figura 23. Movimiento del globo en el solsticio de verano, visto en el Ecuador y a 23,5° N.	86
Figura 24. Movimiento del globo en el solsticio de invierno, visto en el Ecuador y a 23,5° N.	86
Figura 25. Ángulo 23 en el paralelo sur, atraviesa el sureste de Brasil, exactamente en Rio de Janeiro.	86
Figura 26. Radiación incidente referente a cada época del año.	87
Figura 27. Efecto de Invernadero.	89
Figura 28. Partes de un colector solar térmico de baja temperatura.	91
Figura 29. Partes de un colector solar térmico de media temperatura.	92
Figura 30. Partes de un colector solar térmico de alta temperatura.	93
Figura 31. Esquema del sistema de A.C.S. y principio de efecto de termosifón.	95
Figura 32. Horno solar de panel	96
Figura 33. Izquierda: Horno solar parabólico. Derecha: Horno solar de caja.	97
Figura 34. Gráficas de análisis de temperaturas en el comportamiento de tres piezas de barro de distinto espesor.	101
Figura 35. Proceso y experiencia solar de las piezas de barro.	102
Figura 36. Radiación incidente sobre una superficie reflectiva.	105
Figura 37. Primera experiencia, mostrando los seis experimentos y detalles de toda la experimentación.	107
Figura 38. Segunda experiencia, mostrando los tres experimentos y detalles de la experimentación.	109
Figura 39. Tercera experiencia, detalles de la experimentación.	111
Figura 40. Cuarta experiencia, detalles de la experimentación.	112

Figura 41. Diferencia entre una propuesta lineal y cíclica en el diseño del sistema.	116
Figura 42. Diseño final del sistema.	118
Figura 43. Partes del sistema.	118
Figura 44. Planos técnicos del sistema.	119
Figura 45. Primeros seis pasos del desarrollo de las cúpulas.	119
Figura 46. Últimos seis pasos del desarrollo de las cúpulas.	120
Figura 47. Montaje de todo el sistema.	121
Figura 48. Recorrido del agua dentro del sistema. Simulación del agua en el tanque de almacenamiento.	122
Figura 49. Variaciones ocurridas a lo largo del montaje del sistema.	124
Figura 50. Análisis de temperaturas de la cúpula.	125
Figura 51. Experiencias durante la época de invierno.	127
Figura 52. Gráficas de la primera medición de temperaturas en la época de invierno.	128
Figura 53. Gráficas de la medición dos de temperaturas en la época de invierno.	129
Figura 54. Gráficas de la medición tres y cuatro de temperaturas en la época de invierno.	130
Figura 55. Gráficas de la medición cinco y seis de temperaturas en la época de invierno.	131
Figura 56. Gráfica de la medición siete de temperaturas en la época de invierno.	132
Figura 57. Gráfica de la medición ocho de temperaturas en la época de invierno.	133
Figura 58. Primera experimentación en verano.	135
Figura 59. Cuatro imágenes superiores: Segunda y tercera experimentación. Seis imágenes inferiores: Cuarta experimentación en temporada de verano.	136
Figura 60. Gráfica de la medición uno de temperaturas en época de verano.	139
Figura 61. Gráfica de la medición dos de temperaturas en época de verano.	140
Figura 62. Gráfica de la medición tres de temperaturas en época de	

verano.	141
Figura 63. Gráfica de la medición cuatro de temperaturas en época de verano.	142
Figura 64. Gráfica de la medición cinco de temperaturas en época de verano.	143
Figura 65. Gráfica de la medición seis de temperaturas en época de verano.	144
Figura 66. Gráfica de la medición siete de temperaturas en época de verano.	144
Figura 67. Gráfica de la medición ocho de temperaturas en época de verano.	145
Figura 68. Gráfica de la medición nueve de temperaturas en época de verano.	146

Lista de tablas

Tabla 1. Temperaturas obtenidas en tres piezas de barro, con diferente espesor para el entendimiento de la aislación térmica en el barro.	100
Tabla 2. Resultados obtenidos de la primera experiencia.	107
Tabla 3. Resultados obtenidos de la segunda experiencia.	108
Tabla 4. Resultados obtenidos de la tercera experiencia.	110
Tabla 5. Resultados obtenidos de la cuarta experiencia.	113
Tabla 6. Mediciones de temperaturas obtenidas en las cuatro experiencias realizadas en la época de verano.	138
Tabla 7. Mediciones de temperaturas obtenidas en las cuatro experiencias realizadas en la época de verano.	139

Lista de cuadros

Cuadro 1. Esquema de estructuración de la disertación.	22
Cuadro 2. Esquema de construcción del concepto de Dis. Participativo.	24
Cuadro 3. Seis etapas del proceso participativo enfocado en el Diseño Social.	45
Cuadro 4. Esquema del concepto de Sustentabilidad Ecológica.	46
Cuadro 5. Puntos extraídos del subcapítulo, cruzado con las características.	59
Cuadro 6. Relación las estrategias del Ciclo de Vida de los Productos - Lyfe Cycle Design- con las características del proyecto.	82
Cuadro 7. Posibilidades de aprovechamiento de la energ. solar térmica.	86
Cuadro 8. Primera experiencia realizada junto con los objetivos de los seis experimentos.	103
Cuadro 9. Segunda experiencia realizada junto con los objetivos de los tres experimentos.	108
Cuadro 10. Tercera experiencia realizada junto con los objetivos de los tres experimentos.	109
Cuadro 11. Características identificadas en la fundamentación sobre energía solar para el desarrollo del sistema.	111
Cuadro 12. Esquema básico del diseño del sistema relacionado con las características identificadas en la fundamentación sobre energ. solar	112
Cuadro 13. Proceso en la investigación ideal y en la real.	151
Cuadro 14. Primeras tres etapas del proceso participativo	151
Cuadro 15. Últimas tres etapas del proceso participativo	152
Cuadro 16. Primera pregunta de la entrevista realizada como conclusión del proceso participativo en la investigación real.	155
Cuadro 17. Preguntas de la entrevista realizada como conclusión del proceso participativo en la investigación real.	156
Cuadro 18. Últimas preguntas de la entrevista realizada como conclusión del proceso participativo en la investigación real.	157

1.

Introducción

Esta investigación surge a través de dos situaciones, la primera, la identificación de *dos problemáticas socioambientales en torno al tema energético* a nivel global y la segunda, el *Diseño como disciplina idónea*, es decir, cómo a través de la misma se llega a una relación con la Sustentabilidad, surgiendo a partir de esta unión las posibles soluciones para las problemáticas identificadas.

En cuanto a la primera situación, las *dos problemáticas identificadas* fueron las siguientes:

- Uso excesivo de los combustibles convencionales, tales como fósiles y madera (leña).
- Dificultad en la disponibilidad de energía. Un tercio de la población mundial hoy no tiene acceso a cualquier tipo de energía (especialmente energía eléctrica).

La primera problemática conduce a una descarga de agentes contaminantes producidos por varias actividades tanto en el sector industrial como en el doméstico, perjudicando de manera compleja la calidad del aire. Un ejemplo de esto es la utilización excesiva de madera (leña) como fuente energética. Hoy es una de las alternativas más accesibles que se presenta en países en desarrollo, aunque hasta el momento se ha mostrado de una manera insostenible, ya que es necesaria una buena gestión en su utilización. Este hecho ha generado un exceso en su extracción, llevando a grandes pérdidas de hectáreas de bosque y desertificación.

Ahora, llevando esta situación al plano social, según la OMS -Organización Mundial de la Salud- cada año hay aproximadamente 2 millones de muertes prematuras, causadas por enfermedades atribuidas a la contaminación del aire, donde generalmente son ocasionadas por la exposición al humo –fumaça en portugués- de la madera. El 44% de ellas son por neumonía, 54% por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (bronquitis crónica) y 2% por cáncer de pulmón

(Organización Mundial de la Salud. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/>>. Acceso en: 20 de marzo de 2014).

Este es considerado el octavo factor de mortalidad en el mundo y el cuarto en países en desarrollo según nuevamente la OMS, ya que el humo de esa fuente energética (leña) posee muchos compuestos potencialmente tóxicos para el sistema respiratorio, aclarando que son las poblaciones de países en desarrollo quienes aún utilizan este tipo de combustible. Aproximadamente unos 2.7 billones de personas en el mundo aún utilizan este combustible, eso demuestra que es la tercera parte -casi la mitad- de la población mundial, pensando en que hoy el planeta tiene alrededor de 7 billones de personas (OMS. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs292/es/>>. Acceso en: 20 de marzo de 2014).

La segunda problemática y de acuerdo a lo dicho anteriormente, la tercera parte de la población mundial no tiene acceso a algún tipo de energía (especialmente energía eléctrica) y de forma en general a cualquier tipo de servicios básicos, de esta manera ellos aún hace uso de la madera como fuente energética para la cocción de sus alimentos, calentamiento de agua y calefacción de sus hogares. En Brasil por ejemplo, aproximadamente unos 8.5 millones de domicilios utilizan la leña como fuente energética según el PNUD -Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-. Citando a Rogelio Miranda, organizador del evento en el 2006 “Encontro Internacional sobre Poluição Doméstica, Fogões Ecológicos e Desenvolvimento Sustentável” (Evento discute poluição dentro de casa. Disponible en: <<http://www.pnud.org.br/Noticia.aspx?id=1275>>. Acceso: 20 de marzo de 2014), relata la situación sobre la utilización de la leña en Brasil:

Existen pocas organizaciones en Brasil que trabajan con la situación de la leña. La mayoría de esas familias que la usan no tienen otra alternativa, entonces lo que es necesario es mejorar la tecnología, desarrollar proyectos para que las familias más pobres puedan utilizar un sistema más económico, limpio y accesible. (MIRANDA, 2006)

Es importante percibir que la mayoría de las poblaciones que se basan de esta fuente energética se muestran con pocas alternativas de acceso a los servicios básicos, por tanto su utilización se vuelve fundamental en su diario vivir, sin embargo es importante mejorar la tecnología utilizando sistemas económicos y

accesibles, para mostrar a las poblaciones que existen otras alternativas que pueden ser un poco más sustentables sin afectar su calidad de vida.

A partir entonces de la identificación de estas dos problemáticas a nivel global, se comprendió la importancia de desarrollar un proyecto que lograra abarcarlas y que de forma sistémica en términos socioambientales ayudara a disminuir y mejorar cada una de las problemáticas.

De esta manera surge la segunda situación, el *Diseño como disciplina idónea* para abordar la mejora de las dos problemáticas.

Cada día se va demostrando como el Diseño se relaciona cada vez más con los aspectos sociales y ambientales, que de hecho siendo una disciplina enfocada en las ciencias humanas evidentemente su vínculo con la sociedad es fuertemente marcado a través del desarrollo de objetos y al producir los mismos claramente se necesitan recursos que la naturaleza dispone para su desarrollo y trabajo.

Por tanto, en este punto se quiere ver como a partir del Diseño se logra una relación indisociable con la Sustentabilidad, en pro hacia la mejora de la calidad de vida de poblaciones rurales de escasos recursos, aprovechando al mismo tiempo materiales disponibles en esta zona, con el objetivo de disminuir los impactos negativos en los ciclos naturales.

De tal manera a partir de estas dos situaciones (dos problemáticas socioambientales en torno al tema energético y el Diseño como disciplina idónea), este proyecto está construido de la siguiente forma:

Como respuesta a las problemáticas planteadas se proponen dos conceptos claves, el Diseño Participativo que tiene el objetivo de disminuir y mejorar los aspectos sociales contribuyendo al desarrollo económico local y al bien estar humano, y la Sustentabilidad Ecológica por su parte intervenir en los aspectos ambientales, disminuyendo los impactos negativos en los ciclos naturales. Cada uno de estos conceptos serán abordados por cuatro autores –dos por cada concepto- donde se estudiarán y analizarán cada una de sus dimensiones, con el fin de entender como a través de la teoría se llega a la práctica, es decir como a través de esos conocimientos se abordarán las actividades dentro de la investigación. Estos análisis teóricos serán abordados en el capítulo dos.

De esta manera, al estudiar el concepto de Diseño Participativo se llegará a la definición de una práctica que constará de seis etapas, donde la primera se enfocará en el análisis y estudios sociales de la población que será seleccionada

como prospección de estudio de caso. Las siguientes cinco etapas se enfocarán en el proceso participativo de la población. Dentro de la investigación esas cinco etapas no serán realizadas como tal, por eso la población será una prospección de estudio de caso, esto debido a que el enfoque en la investigación será hacia el aspecto ambiental más que al social, dejando apenas el planteamiento de la práctica participativa, para futuros trabajos.

Siendo así, la población que será como prospección de estudio de caso para esta investigación es Sampaio Corrêa –distrito ubicado en el municipio de Saquarema, en el estado de Rio de Janeiro-. Los estudios y análisis que se realizarán dentro de esta población es justamente la primera etapa de la práctica participativa y esto será desarrollado en el capítulo tres.

Ahora, al estudiar el concepto de Sustentabilidad Ecológica llevará por su parte a la definición de ciertas características técnicas en aspectos ambientales, donde la principal es la utilización de recursos naturales como la energía solar y el aprovechamiento de materiales naturales como el fibrobarro, siendo esta mezcla, el material principal dentro de esta investigación.

De tal forma, en respuesta a las problemáticas socioambientales en torno al tema energético a nivel global y local junto con el aprovechamiento de la energía solar y fibrobarro, se propone el diseño de un Sistema de Calentamiento de Agua Solar para ser incorporado en poblaciones rurales del distrito de Sampaio Corrêa, en el municipio de Saquarema, R.J, siendo esta, como ya fue mencionado anteriormente la prospección de estudio de caso.

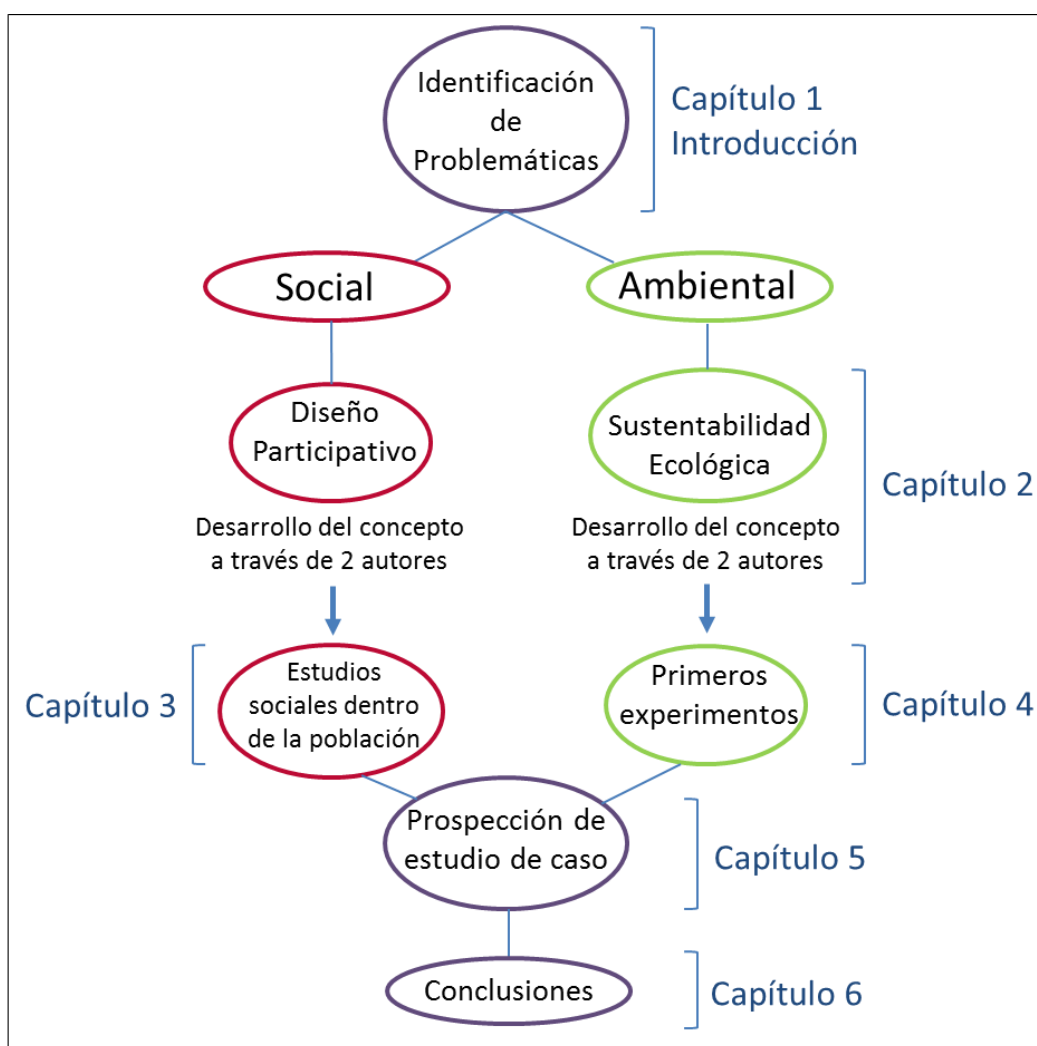
Toda esta práctica del diseño del sistema está compuesta de varias experimentaciones que llevarán a comprender inicialmente un poco sobre la fundamentación básica en energía solar y el comportamiento del fibrobarro expuesto al sol. Finalmente, al tener definidos ciertos aspectos técnicos, se detallará de forma definitiva el diseño del sistema, realizando algunas otras experiencias de funcionamiento tanto en invierno como verano. Este proceso de diseño y experiencias técnicamente deberían ser desarrollados junto con la población, sin embargo dentro de esta investigación esa práctica será relegada para futuros trabajos, dejando a penas el objetivo de analizar y entender, la utilización del fibrobarro junto con el aprovechamiento de la energía solar en el desarrollo del sistema de calentamiento de agua. De esta manera, todos estos

análisis, experiencias y definición del diseño serán desarrolladas en el capítulo cuatro.

Finalmente, dentro del capítulo cinco y al ser la unión de los capítulos tres y cuatro, se desarrollará la prospección de estudio de caso, es decir se planteará como sería hipotéticamente el trabajo participativo de la población y como sería en futuros trabajos la propuesta ideal de esta investigación, que como ya fue mencionado anteriormente, los alcances económicos y respecto al tiempo dentro de los dos años de maestría se enfocarán en el aspecto ambiental, es decir en la propuesta y desarrollo del sistema de calentamiento de agua solar con materiales naturales.

Por tanto, esta disertación está estructurada de manera sistémica, donde cada aspecto conlleva al siguiente. El capítulo dos, al ser el desarrollo de la fundamentación teórica de los dos conceptos principales, Diseño Participativo y Sustentabilidad Ecológica, encaminan al capítulo tres y cuatro respectivamente, siendo estos, los capítulos de la práctica. Es decir el capítulo dos permitirá comprender qué tipo de prácticas y actividades deben ser realizadas en los siguientes capítulos. Por tanto, el Diseño Participativo encamina al capítulo tres, que es el encargado de hacer los estudios sociales de la población de Sampaio Corrêa. El concepto de Sustentabilidad Ecológica por su parte, lleva al capítulo cuatro, en el cual se realizan todas las experiencias con el aprovechamiento de la energía solar y por ende la definición del diseño del Sistema. Finalmente la unión de estos dos capítulos – tres y cuatro-, encaminan al capítulo cinco, donde se plantea el hipotético saco del trabajo participativo de la población.

El siguiente cuadro representa gráficamente como está estructurada la disertación.



Cuadro 1. Esquema de estructuración de la disertación. Fuente: Propia.

2.

Un puente entre la teoría y la práctica: Saberes participativos y sustentables desde el Diseño.

A partir de las problemáticas identificadas en esta investigación, fueron propuestos dos conceptos como soporte, para intentar mejorar algunos aspectos socioambientales de poblaciones rurales del estado de Río de Janeiro. Los conceptos propuestos son el *Diseño Participativo*, que tiene como objetivo abordar la situación social del proyecto y la *Sustentabilidad Ecológica* tiene como base fundamentar todo el aspecto ambiental.

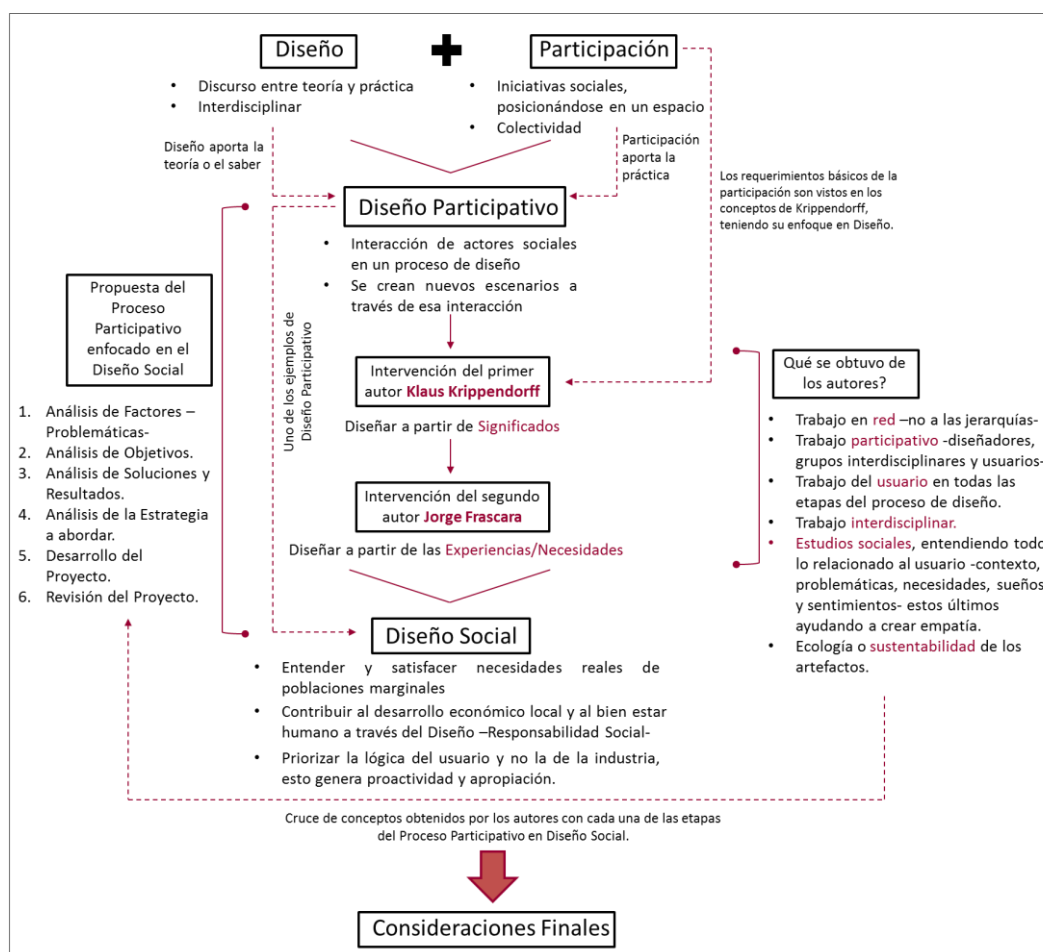
Dentro del abordaje del capítulo se utilizarán cuatro autores del campo de diseño que ayudarán a fundamentar estos dos conceptos, pero que al mismo tiempo mostrarán a través de la teoría como se debe actuar en la práctica, es decir explicarán cómo debe ser el rol del diseñador frente a estos dos conceptos en la investigación de campo, situación clave en el desarrollo de los siguientes capítulos, ya que los mismos desarrollarán todo el aspecto práctico del proyecto.

Klaus Krippendorff y Jorge Frascara serán los autores que abordarán el concepto de Diseño Participativo y Victor Papanek y Ezio Manzini serán los autores que desarrollarán el concepto de Sustentabilidad Ecológica.

Con estos cuatro autores se logrará desarrollar la fundamentación de los conceptos, entendiendo su significado, objetivos y como abordarlos desde el campo del Diseño.

2.1. Diseño Participativo

Antes de iniciar la discusión se quiere mostrar a través del siguiente esquema como se abordará el subcapítulo. Inicialmente para llegar al entendimiento del concepto del Diseño Participativo, se desarticuló este mismo, comenzando desde la base y definiendo qué es *Diseño* y qué es *Participación* y así será posible a lo largo de esta discusión construir su definición.



Cuadro 2. Esquema de construcción del concepto de Diseño Participativo.
Fuente: Propia.

Durante décadas y de hecho en la actualidad el concepto de Diseño ha sido reconocido como una profesión o disciplina que tiene por objetivo *crear o modificar objetos para satisfacer las necesidades del ser humano*. Esto puede verse como ejemplo en la definición del ICSID (International Council of Societies of Industrial Design) donde afirma que “es una actividad creativa, que establece las cualidades polifacéticas de objetos, de procesos, de servicios y de sus sistemas en ciclos vitales enteros. Por lo tanto, el Diseño es el factor central de la humanización innovadora de tecnologías y el factor crucial del intercambio económico y cultural”.¹

¹ ICSID, Disponible en: <<http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm>>. Acceso en: 26 de abril de 2013.

Esta definición es completamente válida hasta hoy, sin embargo otros estudiados dentro del campo han propuesto otras definiciones más complejas donde ya no solo preguntan que es Diseño, sino también, cuál es su campo, ¿es arte, es ciencia o es tecnología?

Para Gui Bonsiepe (1985), diseñador alemán, afirma que el Diseño *no es una teoría, sino un discurso*, donde no cuenta con un cuerpo teórico propio, sino que toma prestadas teorías de otras disciplinas y las adapta a su contexto.²

Desde la visión de Bonsiepe es posible ver como el Diseño se relaciona junto con otras disciplinas, que lo ayudan –no a definirlo- si no a objetivarlo, es decir, a través del *trabajo interdisciplinar*, el diseño encuentra su función y objetivo. Como ya se ha dicho, él no cuenta con un campo definido, cuenta con un cuerpo de conocimientos y de esa manera se vuelve a la pregunta: ¿es arte, es ciencia o es tecnología?

Desde ese punto cabe decir, según Couto (1997), Diseño es un poco de las tres, es decir, tiene un poco de *arte*, que ayuda a definir la forma con la estética, tiene a la *ciencia* como base en el uso de conocimientos científicos para lograr un desempeño funcional o para desarrollar sus teorías y comparte de la *tecnología* la utilización de métodos para organizar su trabajo y aumentar su eficacia.³

Con esto, concluye Couto (1997) que el Diseño *nace de la unión de varias disciplinas* y su *práctica se caracteriza por la relación de varias disciplinas*.⁴

Pero cabe resaltar ahora, ¿Qué disciplinas trabajan en conjunto con el Diseño?, ¿Cuáles de ellas ayudan a tornar más lógico, explícito y sistémico el proceso de configuración a través del Diseño?

Bomfim (1994) en su discurso sobre una posibilidad de una teoría del Diseño, clasifica 6 grandes grupos de disciplinas:⁵

² BONSIEPE, G. El diseño de la periferia: Debates y Experiencias. México: G. Gili, 1985.

³ COUTO, R.M.S, “Design como corpo de conhecimentos”. En: *Movimentos interdisciplinares de designers brasileiros em busca de educação avançada*. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Departamento de Letras, Pontifícia Universidade Católica, 1997, p. 6-7.

⁴ Ibid., p. 9.

⁵ BOMFIM, G.A. *Sobre a Possibilidade de uma Teoria do Design*. In *Estudos em Design*, V.V, n.2. Rio de Janeiro: AEND, 1994, p. 16.

1. Filosofía, política, historia, comunicación, ecología, etc - proporciona conceptos sobre el contexto material y social-.
2. Tecnologías de fabricación y materiales, administración de la producción, marketing, etc – fundamenta el proceso creativo, sobre las posibilidades y limitaciones del aparato productivo-.
3. Ergonomía, psicología, sociología, antropología, etc – estudian la interfaz bio-fisiológica, psicológica y sociológica entre producto y usuario-.
4. Teoría de la forma y color – actividad ejecutiva del diseñador, diseño del proyecto-.
5. Conocimientos de representación bidimensional y tridimensional – lenguajes de comunicación de las actividades desarrolladas en el proyecto-.
6. Física, química y matemática – herramientas auxiliares a las demás disciplinas-.

Con estos instrumentos puede verse el *discurso* de Diseño, que al iniciar este subcapítulo Bonsiepe afirmó. El Diseño como él mismo explicó, no es una teoría sino un discurso entre la teoría y la práctica (praxis). El Diseño, a diferencia del arte y la artesanía, ‘es una praxis que busca seguir principios de diversas ciencias o teorías para crear objetos’ (BOMFIM, G. 1994. p. 16).

Así con esta breve introducción sobre la definición de Diseño se extraen 2 puntos claves para la construcción del concepto de Diseño Participativo: *Unión entre teoría y práctica* y la *Interdisciplinariedad*.

Continuando con la construcción del concepto de Diseño Participativo es preciso abordar ahora las concepciones de la *Participación*.

La participación en términos generales se refiere a aquellas *iniciativas sociales* en las que las personas toman parte consciente en un espacio, posicionándose y sumándose a ciertos grupos para llevar a cabo determinadas causas.⁶

⁶ Instituto de Estudios Latinoamericanos, Mujeres y Género en América Latina. En: http://www.lai.fu-berlin.de/es/e-learning/projekte/frauen_konzepte/projektseiten/konzeptebereich/rot_partizipacion/contexto.html
Acceso en: 30 de abril de 2013.

Esas iniciativas sociales, que en otras palabras son todas las actividades de cada persona ‘‘permitirán producir efectos sobre una *colectividad*, en donde en algunas ocasiones cada individuo deberá tomar sus propias decisiones y escoger sus propios caminos. Esa posibilidad de decidir, hace parte de la libertad del individuo y da a cada uno la responsabilidad por sus escogencias’’. (DALLARI, 1984, p. 43)

Dentro de esos 2 puntos claves obtenidos en lo que concierne la participación, *iniciativas sociales* y *colectividad*, se adquieren algunos requerimientos básicos y necesarios en el entendimiento de los abordajes prácticos, esto quiere decir que a partir de esos requerimientos es posible comenzar a comprender el desarrollo de la *participación* dentro de un grupo de individuos. Esos requerimientos son:⁷

1. Acceder a la información relevante.
2. Tomar una posición independiente en los problemas (tomar decisiones por si solos).
3. Participación en la toma de decisiones.
4. Disponibilidad de los métodos apropiados en el desarrollo participativo.
5. Espacio para medidas alternativas tanto técnicas como organizativas.

Estos requerimientos llevan a 2 situaciones. En primer lugar, permite el entendimiento de cómo puede y debe ser la práctica de la participación y en segundo lugar, muestra los conceptos extraídos en la definición de Participación, las *iniciativas sociales* y la *colectividad*. Es decir en los requerimientos 1 y 5 puede verse el trabajo grupal o colectivo de los individuos participantes.

Ya en los requerimientos 2 y 3 se observan las iniciativas sociales, posicionándose los individuos en espacios determinados. El requerimiento 4 puede ser un compuesto entre los 2 conceptos. Ya en definitiva, estos requerimientos serán relacionados más adelante en el campo del Diseño a través de la intervención de Klaus Krippendorff, autor seleccionado en la construcción del concepto base de este subcapítulo.

⁷ KENSING, F. BLOMBERG, J. Participatory Design: *Issues and Concerns*, Department of Computer Science, Roskilde University, Denmark, 1998. p. 172. Traducción propia.

Teniendo finalmente concluidas las definiciones de Diseño y Participación, fueron obtenidos algunos conceptos que llevarán a la construcción del *Diseño Participativo*. Por el lado de la definición de Diseño se extrajo *el discurso entre teoría y práctica* y la *interdisciplinariedad*, ya por el lado de la Participación se obtuvo las *iniciativas sociales* y la *colectividad*.

Ahora bien, cabe preguntar, ¿Qué se entiende por Diseño Participativo?

En una definición simple puede entenderse como la *participación activa e interacción de las partes interesadas (actores sociales) en un proceso de diseño*.⁸

Esta definición lleva a un panorama estrictamente global, en consideración es necesario llegar a una construcción más minuciosa, para poder comprender cuáles y cómo son las dinámicas trabajadas en el Diseño Participativo.

Para comenzar en la construcción se utilizarán los cuatro conceptos extraídos de diseño y participación.

Como primer concepto extraído de Diseño, *el discurso entre la teoría y la práctica*, el Diseño Participativo lleva a un diálogo entre la teoría o el conocimiento y la práctica o praxis. Esto, lógicamente porque el Diseño como disciplina, lleva toda una serie de conocimientos y teorías el escenario estudiado, es decir, lleva toda una fundamentación teórica que permite dentro de esa praxis, argumentos para actuar de tal manera. El diseñador, a través de sus conocimientos y el saber lleva un manejo y control de las dinámicas que pueden y deben ser alcanzadas dentro del grupo de individuos el cual está siendo estudiado.

Es decir es una especie de puente, donde el saber lleva a los actores sociales de cómo y cuáles deben ser sus *actos y acciones*.⁹

Sin embargo para construir el saber, el diseño tuvo o tiene la obligación de conectarse con diversas disciplinas o ciencias, como fue explicado por Bomfim (1994), para tornar más lógico, explícito y sistémico el proceso de configuración, es decir los procesos de la práctica o el hacer.

⁸ Participate in Design, Participatory Design. En: <http://participateindesign.org/about/participatory-design/> Acceso en: 24 de mayo de 2013.

⁹ El acto, en su sentido más amplio es todo lo que se hace o puede hacerse. Puede significar cualquier acción. El acto es compuesto de varias acciones.

Así pues, en esos diálogos entre teoría y práctica *la interdisciplinariedad* –segundo concepto extraído de la definición de Diseño- es imprescindible, no sólo para lograr esas conexiones, sino para poder entender con lógica a los actores sociales y de igual forma sus intervenciones o actos.

Los actores sociales en el Diseño Participativo se entienden como el diseñador, grupos de individuos de otras disciplinas y el usuario, es decir acá se comienza a ver un trabajo en red¹¹, con el fin de permitir que surjan ciertas *iniciativas sociales* –primer concepto extraído de la definición de Participación- para posicionar a cada actor o individuo en un espacio, donde cada uno tendrá una labor. La importancia del trabajo en red, es que cada actor al tener su rol dentro de la participación, asumirá una responsabilidad y de esa manera se hace necesaria la *colectividad* –segundo concepto extraído de Participación-, permitiendo a cada individuo interconectarse con el otro, logrando así un trabajo sistémico, donde cada pieza es fundamental en todo el proceso de Diseño.

Cabe aclarar que cada proceso de diseño puede llevar a diferentes rumbos, empezando que dentro del Diseño Participativo se encuentran todas las vertientes del Diseño: gráfico, digital, industrial o de producto, *social*¹², propuestas de tipo “do it yourself”, entre otros ejemplos donde las dinámicas participativas se encuentran.

Así pues, con estos instrumentos utilizados para lograr construir una definición del Diseño Participativo más detallada y englobada, se puede decir que *es una interacción fuertemente marcada entre distintos actores sociales como lo son el diseñador, grupos interdisciplinarios y usuarios, a través de sus iniciativas, participación activa y colectividad en todas las etapas de un proceso de Diseño, llevando a cada uno a posicionarse, desenvolverse en un espacio y creando diversas posibilidades de escenarios.*

¹¹ Según el diseñador Klaus Krippendorff (1997) el trabajo en red se entiende acá como la interacción de los actores interesados “stakeholders” en la creación de artefactos, esto se convierte en un asunto también de diversos actores como: ingenieros, sociólogos, antropólogos, sociólogos, ecologistas, biólogos, entre otros y principalmente al usuario. (KRIPPENDORFF, K. *Trajectory of Artificiality and New Principles of Design for the Information Age*.

En: http://repository.upenn.edu/asc_papers/95 Acceso en: 26 de mayo de 2013)

¹² Se aclara que el proyecto desarrollará su dinámica participativa en el *Diseño Social*, situación que será explicada en el recorrido de este subcapítulo.

Ahora bien, para complementar la definición construida sobre Diseño Participativo, se iniciarán las intervenciones de los autores seleccionados, ambos del campo del Diseño.

Klaus Krippendorff (1997, 2006), diseñador e ingeniero alemán contemporáneo, se basa en una idea del diseño a través de los *Significados*. En una serie de textos y con más exactitud, en una de sus últimas obras, *The Semantic Turn*, habla de un cambio de paradigma, donde se haga una transición en la manera en que hoy se diseña, -dar relevancia en cómo deberían funcionar los artefactos- a una manera donde lo más importante sería diseñar a través de lo que *significan los artefactos o significarán* para quienes son o serán afectados por ellos, es decir los usuarios.

Para llegar a esos significados Krippendorff (2006) propone el concepto de *Diseño Centrado en el Humano*, el cual es un método en donde los diseñadores se enfocan en los significados que los usuarios le confieren a sus artefactos, al modo como lo usan e interactúan con ellos.

A través de este concepto el diseñador debe tener un sentido para, y ser capaz, de trabajar con todas las personas relevantes e involucradas en cada una de las etapas del proceso de Diseño, incluyendo al usuario. Aquí se plantea no tratar a los usuarios como ficciones estadísticas, sino como actores y socios de conocimientos necesarios en todas las dimensiones del proceso de Diseño (KRIPPENDORFF, 2006, pp. 63-65).

De esa manera, dentro del concepto de Diseño Centrado en el Humano, se inicia un trabajo en *red*, donde se eliminan las jerarquías, es decir se entiende acá como la interacción de los actores interesados ‘‘stakeholders’’ en la creación de artefactos. Dentro de esos actores -como fue explicado anteriormente- se encuentra el diseñador, grupos de individuos de otras disciplinas y el usuario.

Para Krippendorff (1997) la creación de artefactos se convierte en un asunto para diversos actores fuera del diseñador. Individuos de otras disciplinas deben hacer parte de este proceso, con el fin de tornar la creación del artefacto más lógica y sistémica, esto como lo llama el mismo autor ‘‘de una especie de *trabajo interdisciplinar*’’.¹³

¹³ (KRIPPENDORFF, K. *A Trajectory of Artificiality and New Principles of Design for the Information Age*. < http://repository.upenn.edu/asc_papers/95> Acceso en: 31 de mayo de 2013)

Así pues, el trabajo en red y consecuentemente interdisciplinar, son la base para llegar y entender las *significaciones* de los artefactos y como estas se involucran con los usuarios. Cabe recordar según Krippendorff (1997), que los artefactos no pueden sobrevivir dentro de una cultura si no tienen un significado para sus usuarios.¹⁴

Para entender un poco la manera como Krippendorff (2006) aborda los significados de los artefactos, dentro de su obra *The Semantic Turn*, inicia la discusión acerca de que es *significado*.

Para el autor atribuir significado a algo, es lo que sigue tras sentirlo y es un preludio para la acción (KRIPPENDORFF, 2006). “Cada individuo siempre actúa de acuerdo con el significado de cualquier cosa a la que se enfrenta”¹⁵ y las consecuencias de estas acciones, a su vez, se convierten en parte de los significados.

Los significados se construyen a través de un individuo y dependen del contexto y la cultura. El mismo artefacto puede invocar significados diferentes en momentos, contextos de uso y personas diferentes (KRIPPENDORFF, 2006). El diseño de artefactos para uso de otros demanda de los diseñadores comprender el entendimiento de los demás, puesto que los significados no pueden ser observados directamente, los diseñadores tienen que observar cuidadosamente las acciones que implican ciertos significados e involucrarse en el diálogo con todos los actores sociales que hacen parte de ese proceso de Diseño (KRIPPENDORFF, 2006).

El autor consecuentemente, complementa su idea de llegar a los significados de los artefactos, a través de cuatro aspectos teóricos:

1. Significados de los artefactos en el uso
2. Significados de los artefactos en el lenguaje
3. Significados de los artefactos en el ciclo de vida
4. Significados de los artefactos en una ecología artefactual

El primero, *significados de los artefactos en el uso*, Krippendorff (2006) explica que las personas adquieren el significado de los artefactos al interactuar

¹⁴ Ibid., p. 92.

¹⁵ KRIPPENDORFF, K. *The Semantic Turn: A New Foundation for Design*. Boca Raton, London, New York: Taylor&Francis, CRC Press. 2006, p. 58.

-entrar en interfaz- con ellos, por lo cual los significados se convierten en posibilidades de uso anticipadas. El significado de un artefacto en el uso es entonces “la gama de los sentidos y las acciones imaginables que los usuarios tienen razones para esperar de él”.¹⁶

Por consiguiente las interfaces ideales son evidentes “interacciones intrínsecamente motivadoras entre los usuarios y sus artefactos”.¹⁷

Krippendorff (2006) argumenta que todos los artefactos deben estar diseñados para proporcionar tres etapas de uso: el *reconocimiento inicial*, la *exploración intermedia* y finalmente, una *confianza o motivación*.

De esa manera, una interfaz bien diseñada permite el *reconocimiento inequívoco*, la *exploración efectiva*, y conduce a una *confianza disfrutable*. Para llevar a cabo estas transiciones, los diseñadores centrados en el humano necesitan involucrar un entendimiento de los modelos cognitivos, los hábitos culturales, y las competencias de los usuarios (KRIPPENDORFF, 2006).

El segundo aspecto teórico, *significados de los artefactos en el lenguaje*, se enfoca en entender las narrativas que surgen, al momento en que los individuos comienzan a relatar características de los artefactos, un ejemplo de esto es escuchar opiniones como: es ineficiente, eficaz, interesante, insulso, elegante, etc. Estas caracterizaciones pueden hacer o deshacer el destino de un artefacto, en virtud de ello los diseñadores no pueden ignorar, los modos en que la gente habla de los artefactos. Por eso, Krippendorff (2006) propone que “los artefactos sean diseñados de manera que sus interfaces sean –fácilmente- narrables por parte de muchas personas y se adapten a las relaciones sociales o comunicacionales”.¹⁸

Las narraciones que se desarrollan dentro de los equipos de diseño determinan la dirección que un diseño va a tomar, y podrían acabar convenciendo a las personas afectadas de apoyar un proyecto de diseño u oponerse a él, mucho antes de que éste sea construido, es de esta manera el importante trabajo del diseñador de lograr entender todas esas narrativas, ellas muchas veces vienen cargadas y en “forma de una historia”.¹⁹

¹⁶ Ibid., p. 83.

¹⁷ Ibid., p. 83.

¹⁸ Ibid., p. 147.

¹⁹ Ibid., p. 147.

La labor del diseñador entonces es descubrir que hay detrás de esas historias, analizarlas y plasmarlas junto con el trabajo de todos los actores involucrados en el proceso. De ese entendimiento de narrativas o del lenguaje, depende el éxito de los artefactos dentro de una comunidad y una cultura.

El tercer aspecto teórico, *Significados de los artefactos en el ciclo de vida*, Krippendorff (2006) invita a que los diseñadores consideren todo el ciclo de vida de los artefactos. Este ciclo de vida puede comenzar con una idea inicial, a continuación, el diseño, la ingeniería, la producción, las ventas, el uso, el almacenamiento, el mantenimiento y finalmente, el retiro, sea como reciclado o como desecho. Los diseñadores dentro de todo ese ciclo pueden aprender mucho acerca del desempeño del producto, de usos imprevistos, de problemas inesperados, y de consecuencias sociales resultantes que podrían servir para mejorar el diseño de la siguiente generación de ese producto, *el diseño jamás termina*, siempre es dinámico y se encuentra en ciclos.

El cuarto y último aspecto teórico, *Significados de los artefactos en una ecología artefactual*, Krippendorff (2006) propone aquí la ecología en el mismo sentido como ocurre en la naturaleza. Los seres humanos, hemos creado una diversidad de especies de artefactos. El autor observa que metafóricamente, las especies de los artefactos, los humanos también las hacemos nacer, y crecer en tamaño y número, las diversificamos en sub-especies, las asociamos con otras especies, las adaptamos entre sí y con su entorno humano, en el cual puede reproducirse, evolucionar o desaparecer -tal como en la naturaleza- (KRIPPENDORFF, 2006).

En una *ecología de los artefactos*, el significado de uno de ellos está compuesto por las posibles interacciones con otros artefactos: la cooperación, la competencia o sustitución, la dominación o sumisión. (KRIPPENDORFF, 2006). Un ejemplo de esto es el caso de las máquinas de escribir, comenzaron con una competencia junto con el computador hasta el punto de ser superadas y sustituidas por completo. O en el caso de la cooperación, puede verse como ejemplo la situación entre el computador y el software. Su funcionamiento depende de la cooperación que ellos establezcan. Un computador sin herramientas software no podrá tener ninguna utilidad y consecuentemente un software requiere del

computador para tener su funcionalidad y ser útil. De esa manera se percibe como dentro de una comunidad de artefactos es posible ver la cooperación entre ellos y la importancia de su interconexión. Sin embargo todo esto ocurre debido a la intervención humana, el artefacto no nace, ni se crea, ni evoluciona o muere solo. Un grupo de personas influyen en su nacimiento, en su reproducción y consecuentemente en su desaparición.

Claramente, "los diseñadores, que pueden manejar el significado ecológico de sus propuestas, tienen una mejor oportunidad de mantener vitales sus diseños."²⁰

Un ejemplo de cómo mantener vitales los diseños, puede verse en el traspaso de conocimientos, es decir, el diseñador enseña a un grupo de individuos como es el desarrollo de un artefacto, este grupo de personas al adquirir ese conocimiento, agregan otros nuevos y así logra evolucionar el artefacto. Inmediatamente ese mismo grupo de individuos traspasan los conocimientos aprendidos a otro grupo de personas y así se va manteniendo un ciclo de vitalidad para el artefacto. Cabe recalcar que todo este proceso de traspasos de conocimientos tienen diferentes escalas de espacio y tiempo. Cada grupo de personas es completamente diferente a otro, debido a que sus formas de pensar, deseos, necesidades, aprendizajes y su cultura en general son diferentes.

Es por esto que este proceso de vitalidad o *sustentabilidad*²¹ en los artefactos es dinámico, ya que al ir pasando de cultura en cultura, el artefacto va creciendo, va evolucionando y así cuando llega para el diseñador el momento de alejarse del proyecto, este podrá mantenerse vivo a través de ese ciclo de adquisición de conocimientos.

Estos aspectos teóricos sobre la significación abordados por Krippendorff tienen un carácter muy importante dentro del concepto del Diseño Participativo y por ende en esta investigación. Esto permite entender a fondo como son o deberían ser las relaciones de los usuarios con los artefactos, permite comprender qué hay detrás de esa interacción, qué significa aquello para los usuarios, qué

²⁰ KRIPPENDORFF, K. 2006. p. 202.

²¹ *Sustentabilidad* en este caso se entiende como la sobrevivencia de los artefactos a lo largo del espacio y el tiempo. Es comprender como logra vivir dentro de un grupo de individuos sin la presencia del diseñador.

piensan, qué sienten a partir de sus relaciones pasadas o futuras con los artefactos.

Esto, en conclusión, es la base del Diseño Participativo, ya que en este escenario se pretenden abordar diseños materiales o inmateriales a partir de lo que piensa, lo que significa para el usuario. Es por esto que esta construcción teórica de Krippendorff ayuda a comprender que intenciones o prácticas se deben abordar a la hora de sentarse y discutir con todos los actores sociales envueltos en el proyecto. Esto es fundamental en el momento de afrontar la práctica del Diseño Participativo.

Tendiendo entonces definida la manera como Krippendorff construye su base teórica sobre los significados y su relación indisociable con los humanos y artefactos, propone tres contribuciones para diseñar en el proceso de *Diseño Centrado en el Humano*.

1. Investigación en Diseño
2. Métodos de Diseño
3. Validación de las Pretensiones Semánticas

La Investigación en Diseño para Krippendorff (2006) dentro del proceso de Diseño Centrado en el Humano, implica las siguientes características:

- Obtener y analizar las narrativas de los usos problemáticos de los artefactos y de sus futuros deseables, las cuales motivan o inspiran a una comunidad de potenciales usuarios para considerar cambios en sus vidas.
- Explorar nuevas tecnologías y materiales que podrían apoyar o mejorar los usos actuales y futuros de los artefactos sometidos a consideración.
- Indagar sobre cómo un diseño sobrevive en la ecología de los artefactos, y respecto a ¿qué lecciones se pueden aprender para futuras actividades de diseño?, en la así denominada investigación post-diseño.
- Probar y evaluar diseños alternativos –recombinaciones y transformaciones de tecnologías disponibles, interfaces posibles y

consecuencias sociales y ecológicas- por lo general en términos de interés para las personas involucradas en el proyecto.

En cuanto a los Métodos de Diseño²² Centrado en el Humano, son orientados de la siguiente manera:

- La expansión sistemática de un espacio de diseño. Este espacio debe acoger e ir más allá de las expectativas de los usuarios y las personas interesadas –stakeholders-. Estos métodos pueden ser el uso de juegos de lenguaje en el momento en que las nuevas ideas son creadas, por ejemplo, mediante lluvias de ideas.
- Un enfoque en la participación de los usuarios y personas interesadas en el proceso de Diseño. Hay dos formas conocidas: Primera, adquirir una comprensión de los usuarios, por ejemplo, estudios sociales a los grupos focales de discusión, para efectuar tomas de decisiones de diseño dependientes de tal entendimiento. Y segunda, *involucrar usuarios y grupos interdisciplinarios en las decisiones de diseño*.
- Las prácticas de Diseño deben ser tenidas en cuenta a través de las narrativas y metáforas sensibles, que son atribuidas por las personas involucradas en el proyecto. Esa misma práctica debe permitir metodologías dialógicas y colaborativas para involucrar a más personas en los procesos de Diseño.

Finalmente, la Validación de las Pretensiones Semánticas²³, como su nombre lo expresa permite validar las intenciones que dentro de un proyecto de diseño se tienen, algunas de ellas son:

- Demostraciones y exposiciones de diseño en diferentes contextos de uso.
- Experimentos con prototipos, maquetas y representaciones visuales.

²² KRIPPENDORFF, K. 2006. pp. 213-258.

²³ Ibid., pp. 260-267.

- Recuento de la aplicación de prácticas de diseño, es decir abordar las propuestas de diseño más viables.
- Afirmar lazos de compromiso entre las personas involucradas para llevar un diseño a buen término, es decir, empatía.

Concluyendo la intervención del autor, junto con su construcción teórica para entender las significaciones de la relación del usuario junto con los artefactos, se extraen conceptos relevantes que se abordarán en la práctica del Diseño Participativo dentro de esta investigación. Al finalizar la intervención del segundo autor se retomarán estos 6 conceptos, donde se construirá una corta explicación de cada uno, enfocándolos de acuerdo a lo estudiado por cada autor.

1. Trabajo en red
2. Intervención del usuario
3. Trabajo participativo
4. Trabajo interdisciplinar
5. Estudios etnográficos
6. Ecología y sustentabilidad de los artefactos

Iniciando entonces, la intervención del segundo autor, este mismo complementará las ideas de Krippendorff y se generará una fuerte base teórica de cómo entender y en realidad de cómo ‘‘hacer’’ la práctica del Diseño Participativo.

Jorge Frascara (2002), diseñador argentino contemporáneo, aborda sus ideas del Diseño a partir de las *experiencias y necesidades*. En su obra *Design and the Social Sciences*, realiza un recuento de varias intervenciones de diseñadores y científicos sociales en una conferencia. La obra como tal reúne cada intervención y a lo largo del texto se ve un diálogo entre los autores.

En base a eso, se tendrán en cuenta los abordajes de Frascara (2002) junto con la contribución de una de las autoras participantes de la conferencia y por consiguiente de la obra, Elizabeth Sanders (2002).

Frascara (2002) inicia su texto dando una relación entre objetos y personas. El diseño tradicional siempre se ha preocupado por los objetos y los procesos, en este caso la importancia es reconocer el impacto de los objetos dentro de las personas. En palabras del autor:

Debemos dejar de pensar del Diseño como la construcción de objetos, gráficos, servicios, sistemas y ambientes, y pensar es en como las personas actúan para realizar sus sueños y satisfacer sus necesidades. Son las necesidades que debemos ver; objetos de diseño son solo los medios. Esto requiere un mejor entendimiento de las personas, la sociedad, los espacios y llamar a una práctica interdisciplinar. (FRASCARA, 2006, p. 33).

Es claro para el autor la manera para llegar a ese entendimiento de las personas, de la sociedad, de los espacios, de su cultura y por ende entender a sus necesidades y experiencias se requiere de una *práctica interdisciplinar*, es decir un grupo de cientistas sociales/investigadores que apoyen la tarea del diseñador para llegar a las necesidades de los individuos.

El proceso de diseño centrado en el usuario –puede ser entendido como el diseño tradicional-, que fue explicado por Sanders (2002) dentro de su texto realizado en la obra de Frascara (2002), lo aborda en como los diseñadores se enfocan en que “eso” que fue diseñado cumpla con las necesidades del usuario. En ese proceso el cientista/investigador sirve de interfaz entre el usuario y el diseñador. Es decir según Sanders (2002) el usuario no hace parte del equipo pero habla a través del investigador. Sin embargo aquí, no hay un trabajo grupal, los roles del diseñador y del investigador son diferentes y no son interdependientes.

A partir de ese momento, según Sanders (2002) se empieza a crear un campo en común, un nuevo territorio comienza a formarse por el respeto recíproco entre los diseñadores y los cientistas sociales. Sin embargo con todo y ese nuevo campo en común entre diseñadores y cientistas, aún no se siente un trabajo netamente grupal, el usuario sigue ausente.

El usuario comienza a ver que quiere expresarse y participar tanto directa como indirectamente del proceso de Diseño, percibe que su rol empieza a ser un componente crítico y fundamental. Así, junto con la integración del usuario, comienza un trabajo grupal y esto es llamado Cultura Participativa. (SANDERS, 2002).

Las nuevas reglas entonces de esta cultura son cadenas o redes, siendo reemplazadas las jerarquías, justamente como el anterior autor Klaus Krippendorff expresaba. Los usuarios perciben que a través del *trabajo en red* tienen una enorme cantidad de influencia colectiva, “comienzan a usar su influencia para

obtener lo que quieren, cuando quieren y como quieren’’²⁴. Se percibe entonces, con esta participación del usuario, la importancia para llegar a comprender sus necesidades y experiencias, que de hecho si los ‘’diseñadores fueran capaces de aprender esas dos situaciones, se podrían hacer de ellas la fuente de inspiración y de ideas para el Diseño’’ (SANDERS, 2002). Sin embargo se pregunta, ¿Cómo se accede a la experiencia y consecuentemente a las necesidades de los usuarios?

Sanders (2002) argumenta que hay varias formas²⁵ donde se pueden entender las memorias de las personas, sus experiencias actuales e ideales:

- Podemos escuchar lo que las personas *dicen* (muestra lo que son capaces de expresar con palabras)
- Interpretar lo que *piensan* (se entienden sus percepciones)
- Ver lo que *hacen* (información a través de la observación)
- Observar lo que *usan* (información a través de la observación)
- Descubrir lo que *saben* (se entienden sus percepciones)
- Entender lo que *sienten* (permite crear empatía)
- Apreciar lo que *sueñan* (muestra como su futuro puede mejorar)

A partir de estas siete formas para acceder a la experiencia del usuario, surgen tres importantes perspectivas:

- Lo que las personas *dicen*
- Lo que *hacen*
- Lo que *construyen o crean*

Con la siguiente imagen podrá entenderse como surgen esas 3 perspectivas.

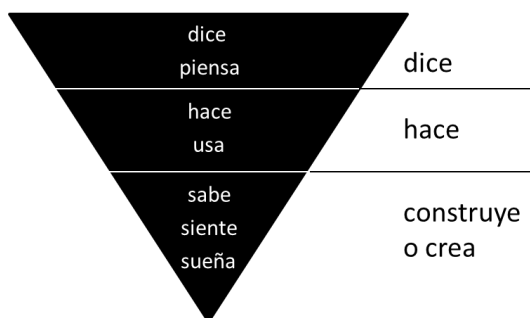


Figura 1. Lo que las personas dicen, hacen y construyen.

²⁴ SANDERS, E. From user-centered to participatory design approaches. En: FRASCARA, J. *Design and the Social Science* (1ª.ed. p. 2) New York: Taylor & Francis, 2002.

²⁵ Ibid., pp. 3-4.

Según Sanders (2006), estas perspectivas de acceso a la experiencia han evolucionado con el tiempo. El diseño tradicional se ha enfocado en la observación, desde de ese punto, sus métodos de investigación dan importancia a lo que las personas *hacen* y *usan*. El marketing tradicional, por el contrario, se ha enfocado en lo que las personas *dicen* y *piensan* a través de grupos focales, entrevistas y encuestas. Ahora el post-diseño, se enfoca en como las personas construyen o crean, a través de sus pensamientos, sentimientos y sueños. (SANDERS, 2006). Es decir esta nueva cultura de Diseño debe enfocar su práctica en lo que las personas *saben*, *sienten* y *sueñan*. Sin embargo no debe dejar a un lado lo que las personas dicen y hacen, solo con esas tres perspectivas – dicen, hacen y construyen- el diseñador podrá crear una empatía con las personas y lograr entender sus experiencias y por ende sus necesidades.

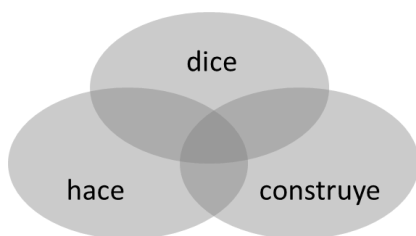


Figura 2. Tres perspectivas para entender la experiencia. Fuente: SANDERS, E. 2006. p. 4.

Teniendo entonces esta base teórica de como Sanders enfatiza la manera para llegar a las experiencias de las personas, se retoma a Frascara como punto de conclusión, para complementar el entendimiento del Diseño enfocado en las experiencias y las necesidades.

Para Frascara (2006) el punto fundamental en la práctica del Diseño, es la relación con las ciencias sociales y todos sus factores humanos, es decir el trabajo interdisciplinar. Es esta noción que lleva a una eficiencia y esa ‘‘eficiencia es central para el discurso de Diseño’’²⁶. Esto permite facilitar la satisfacción de las necesidades, multiplicar la fuerza, incrementar el confort y extender las habilidades. ‘‘El Diseño es concebido como una manera para traer eficiencia a nuestras vidas’’²⁷.

²⁶ FRASCARA, J. 2006. p. 38.

²⁷ Ibid., p.38.

La eficiencia en el Diseño puede verse en 3 áreas reconocidas por Frascara (2006). El Diseño que trabaja para hacer una vida posible, Diseño que trabaja para hacer una vida más fácil y el Diseño que trabaja para hacer una vida mejor. Según el mismo autor, él trabaja mucho más en la primera área, él afirma: “Mi trabajo pretende mantener siempre vivas a las personas, reduciendo el dolor y el sufrimiento. Como el profesional en medicina, yo me concentro en la sobrevivencia física” (FRASCARA, 2006. p. 39).

Sin embargo, en contraposición del autor y en una respuesta personal, el Diseño debe asumir de igual forma esas tres áreas. La primera claramente se enfoca en cuestiones de sobrevivencia, la segunda –Diseño para una vida más fácil- en como cualquier objeto extiende sus habilidades para nuestro cuerpo.

Y la tercera -Diseño para una vida mejor- se enfoca en los disfrutes físicos e intelectuales. Cada área contribuye a una eficiencia y realización en la vida del usuario, lógicamente la primera área debe ser la clave para poder llegar a las otras. Cabe recordar la jerarquía de las necesidades humanas, teoría presentada por el psicólogo Abraham Maslow,²⁸ donde explica a través de una pirámide como se dividen las necesidades humanas, llevando a una autorrealización del ser. La pirámide se divide en 5 escalas, en la parte inferior se encuentra la Fisiología –necesidades para vivir-, Seguridad –de empleo, físico, moral-, Afiliación, -amistad, afecto-, Reconocimiento –confianza, respeto, éxito- y Autorrealización –moralidad, espontaneidad, falta de prejuicios-.

Con esto se demuestra, que para llegar a una autorrealización es necesario cumplir cada escala, retornando entonces como Frascara (2006) prefería diseñar para el área de la sobrevivencia, es claro que no se debe dejar aparte las otras escalas, todas son necesarias y fundamentales para poder cumplir con éxito y eficiencia la práctica del Diseño, que consecuentemente llevará a la creación de un objeto. Éste debe lograr satisfacer las necesidades, las expectativas y los sueños de los usuarios de un espacio determinado, cabe recordar que cualquier objeto, sea comunicacional o físico, desplegado en un espacio tiene un impacto cultural. Y entendiendo ese impacto permitirá a los diseñadores operar con responsabilidad en la sociedad. Finalmente esa es su labor.

²⁸ MASLOW, A. *El hombre autorrealizado: Hacia una psicología del Ser*, Barcelona, Editorial Kairós, 1993.

Concluyendo entonces la intervención del segundo autor, Jorge Frascara, y su teoría acerca de la importancia del trabajo interdisciplinar que en consecuencia es la clave para el entendimiento de las experiencias y necesidades de los usuarios, se extrajeron al igual que el anterior autor los mismos conceptos – exceptuando el sexto concepto acerca de la ecología y sustentabilidad-, es decir al estudiar y entender las teorías de los dos autores se logró identificar que sus conceptos son similares.

Se entiende entonces por cada concepto como:

Primero, *el trabajo en red* permite una relación entre el diseñador, grupos interdisciplinarios y el usuario. Aquí se eliminan las jerarquías. Segundo, *la intervención del usuario* en todas las etapas del proceso de Diseño. Este tiene la misma importancia del diseñador, es pieza fundamental en esta práctica y debe dejar de ser tratado como un mito o parte de la ficción. Tercero, *el trabajo participativo* de todos los actores involucrados. Esto genera iniciativas sociales y por ende roles diferentes. Cada individuo podrá posicionarse dentro de ese espacio, siendo sus actos fundamentales. Cuarto, *el trabajo interdisciplinar*, permite una relación junto con otras ciencias o disciplinas en la práctica de Diseño. Un trabajo holístico permite un buen entendimiento de todos los puntos a tratar dentro del proyecto de Diseño. Esto en consecuencia lleva al quinto punto, *los estudios sociales*. Estos análisis logran un entendimiento profundo en varios aspectos de un grupo de individuos, es decir, análisis espaciales, ambientales, sociales, culturales, análisis del humano con el mundo material. Con estos estudios se logra entender al humano minuciosamente y por ende su relación con los objetos, que sienten, que piensan, que sueñan, como lo hacen, que dicen, como los construyen o crean, que significan para ellos y que narrativas surgen de su relación. A través de ese estudio se logra establecer una empatía entre todos los individuos involucrados, se generan lazos de compromiso. Y por último, el sexto punto, *la ecología y sustentabilidad en los artefactos*. Aquí es fundamental entender todo el ciclo de los artefactos, como el usuario se interconecta con ellos desde el momento en que se está creando, cuando nace, se reproduce, logra evolucionar y finalmente desaparece. En esta investigación el objetivo a largo plazo o el futuro deseable es impedir que este proyecto de Diseño desaparezca, la intención es lograr que nazca, se reproduzca, que pueda evolucionar y permanezca en diferentes escalas de espacio y tiempo y en base a eso lograría tener una

sustentabilidad, impidiendo que al momento de retirarnos –el grupo de diseño y de otras disciplinas- del proyecto, este pueda sobrevivir en diferentes escenarios.

Estos seis conceptos cumplirán una labor clave a lo largo de esta investigación. Al momento de identificar el proceso de participación y como será realizado, se sabrá en qué etapa estará presente cada concepto, es decir se interconectarán las etapas del proceso de Diseño de esta investigación junto con los conceptos extraídos. Esto demostrará que tan coherente será la relación entre la teoría -estudiada a lo largo de este subcapítulo- y la práctica, es decir cómo será literalmente el proceso de diseño a partir de la participación.

Ahora bien, después de haber identificado y analizado cada uno de estos seis conceptos extraídos por los autores, cabe preguntar: ¿De qué manera se abordará o aplicará esos conceptos extraídos en la práctica del Diseño Participativo enfocada en esta investigación?

Antes de responder la pregunta es relevante abordar una temática que permitirá aún más definir el curso de esta investigación.

Como fue explicado anteriormente el Diseño Participativo tiene varias vertientes para ser ejecutado, es decir en el diseño gráfico, industrial, diseño social entre otros. En esta investigación puntualmente será abordado el Diseño Social.

Victor Papanek, fue uno de los pioneros en el Diseño Social. Argumentaba que “la respuesta del diseño debía ser positiva y unificadora, siendo un puente entre las necesidades humanas, la cultura y la ecología” (PAPANЕК, 1995, p. 31). El enfoque del Diseño tradicional o convencional ha sido siempre basado y controlado por la industria y se deja a un lado las *verdaderas necesidades* de las personas. Según en palabras del mismo autor:

En nuestro propio país estamos descuidando las necesidades de vastas regiones agrícolas de tierra pobre, las personas física y mentalmente retrasadas e incapacitadas. Así mismo excluimos a 2.350 millones de seres humanos, habitantes de las llamadas regiones subdesarrolladas del mundo [...] las verdaderas necesidades de las amplias masas del pueblo siguen sin solucionarse. (PAPANЕК, 1972, p. 167).

Para Papanek (1995), la mayor parte de los actuales diseñadores no se sienten muy cómodos con el concepto de “responsabilidad social”. La condición

postmodernista se caracteriza como un vacío de conciencia, en que nociones socialmente responsables como habitación agradable, ambiente limpio, asistencia o acceso a servicios médicos son consideradas como algo vergonzoso. (PAPANÉK, 1995). La cultura de los productos sustituyó valores comunitarios por objetivos poco claros, muchos de ellos proporcionados por la industria. Así, es claro como el mundo del diseño está fuertemente marcado por el capitalismo e ignora las necesidades reales de los países tercermundistas.

De tal manera se demuestra que el Diseño Social, como su nombre lo dice, está orientado en “entender y satisfacer las necesidades reales de poblaciones carentes y marginales [...] su objetivo es contribuir al desarrollo económico local y al bien estar humano, es decir responsabilidad social” (MIETTINEN, 2007, p. 45).

Un ejemplo de cómo surgió el Diseño Social es visto justamente acá en Brasil. En la década de los años ochenta, comenzó una preocupación de cómo abordar ese campo del Diseño. Según Carvalho (2012 apud COUTO, 1992) el departamento de Artes & Design de la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro comenzó a estimular a los alumnos a buscar y desarrollar sus temas de proyectos directamente con los contextos reales y involucrarse con ellos y sus necesidades, es decir hacer una transición del contexto académico a uno verdadero, con personas y situaciones reales.

Esta práctica del Diseño Social o en *Parceria*,²⁹ según Couto y Ribeiro (2012 apud RIPPER³⁰, 1989) se diferencia de manera considerable del Diseño para la Industria, ya que este último es basado en un modelo de producción donde los usuarios no se envuelven en el proceso del producto. Cada *trabajo del usuario* es relegado a técnicas de marketing, en cuanto al Diseño Social o en *Parceria* incluye al usuario en casi todos los escenarios del proceso de Diseño. Esto hace que el usuario pase de una población marginalizada a una población participativa, donde puede expresar sus necesidades y deseos.

En una población participativa, las personas comienzan a ser autosuficientes, proactivas y con sentido de pertenencia. Compartiendo los

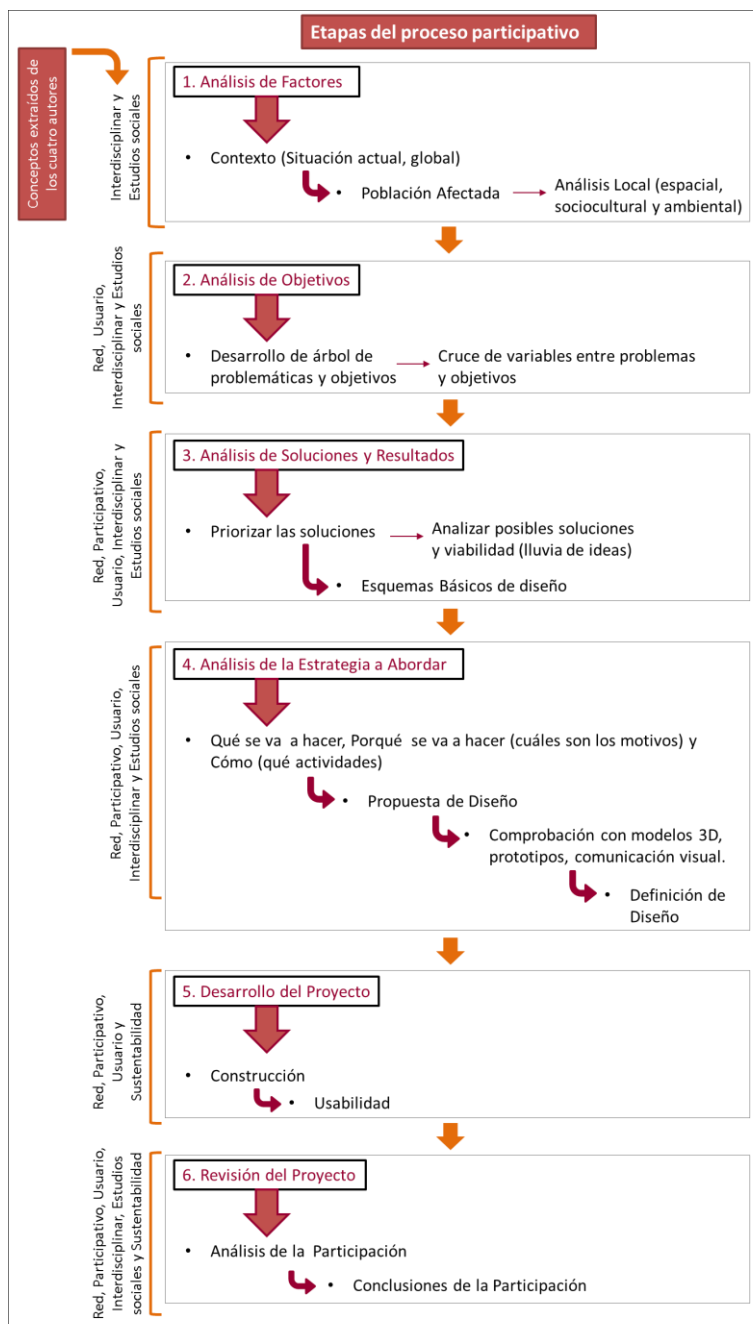
²⁹ *Diseño en Parceria*, como comúnmente es llamado en el Departamento de Artes & Design en la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).

³⁰ Jose Luiz Mendes Ripper, pionero del Diseño Social o en *Parceria* de la PUC-Rio.

mismos roles del diseñador, el usuario comienza a sentirse útil y fundamental y por ende sus habilidades y conocimientos empiezan a crecer.

Así, es posible ver como el enfoque del Diseño Social es un “enfoque ético, basado en los derechos humanos, enfocándose en los principios de equidad y respeto por la calidad de los individuos” (MIETTINEN, 2007. p. 47).

Teniendo entonces el Diseño Social como enfoque para abordar el proceso de Diseño a través de la participación, ¿cuáles son las etapas necesarias?



Cuadro 3. Seis Etapas del Proceso Participativo enfocado en el Diseño Social. Fuente: Propia

Este proceso fue analizado y extraído del texto *Manual de la Participación para los Actores Humanitarios*³¹ a través de la asociación Groupe Urgence Réhabilitation Développement. De acuerdo a la estructuración planteada en el manual se modificaron algunas etapas, teniendo presente el proceso tradicional de Diseño, solo que en este caso el enfoque es para el Diseño Social.

Como fue explicado en la introducción, este proceso participativo dentro de la investigación es una propuesta, tan solo se llegará a realizar oficialmente la primera etapa, dejando la participación de las poblaciones, es decir las siguientes cinco etapas- para futuros trabajos, aunque intrínsecamente cada una de esas etapas serán realizadas dentro de la investigación por el grupo de Diseño, pero como ya se mencionó sin la participación oficial de la población.

Cada una de las etapas se encuentran cargadas de sub-etapas, que ayudan a entender en detalle qué se realizará, cómo y cuáles son los instrumentos. Dentro del esquema, cada etapa se encuentra con cada uno de los conceptos extraídos por los autores, lo que demuestra que a lo largo del proceso se ven análisis detallados del contexto, de las relaciones sociales e individuales, se ve la participación y relación de todos los actores sociales relevantes, la interdisciplinariedad que ayuda a cada momento a tener un proceso lógico, objetivo y sistémico.

La primera etapa –Análisis de Factores- es la encargada de realizar los estudios sociales a la población, esta permitirá entender aspectos espaciales socioculturales y ambientales del contexto local. Este análisis será realizado en el siguiente capítulo, es decir el capítulo tres.

A partir de la segunda etapa –Análisis de los Objetivos- es posible ver oficialmente el proceso de participación de la población seleccionada para esta investigación. Desde la etapa tres hasta las cinco, serán procesos de diseño y construcción, analizando y viabilizando las posibles soluciones; finalizando con la definición formal y funcional de la propuesta de Diseño, para posteriormente pasar al proceso de construcción y usabilidad del sistema.

Finalmente en la última etapa se hará una revisión de todo el proceso participativo, que se obtuvo con todo esto, de qué manera aportó y contribuyó en la calidad de vida de los pobladores.

³¹ Groupe U.R.D. Disponible en: <http://www.urd.org/Manual-de-la-participacion> Acceso en: 31 de mayo de 2013.

Estas conclusiones serán realizadas a través de entrevistas. Ahora dentro de la investigación, esas entrevistas serán realizadas a algunos miembros del grupo de Diseño que podrán aportar a través de su participación y trabajo durante la investigación, opiniones y conclusiones respecto a los alcances del proyecto.

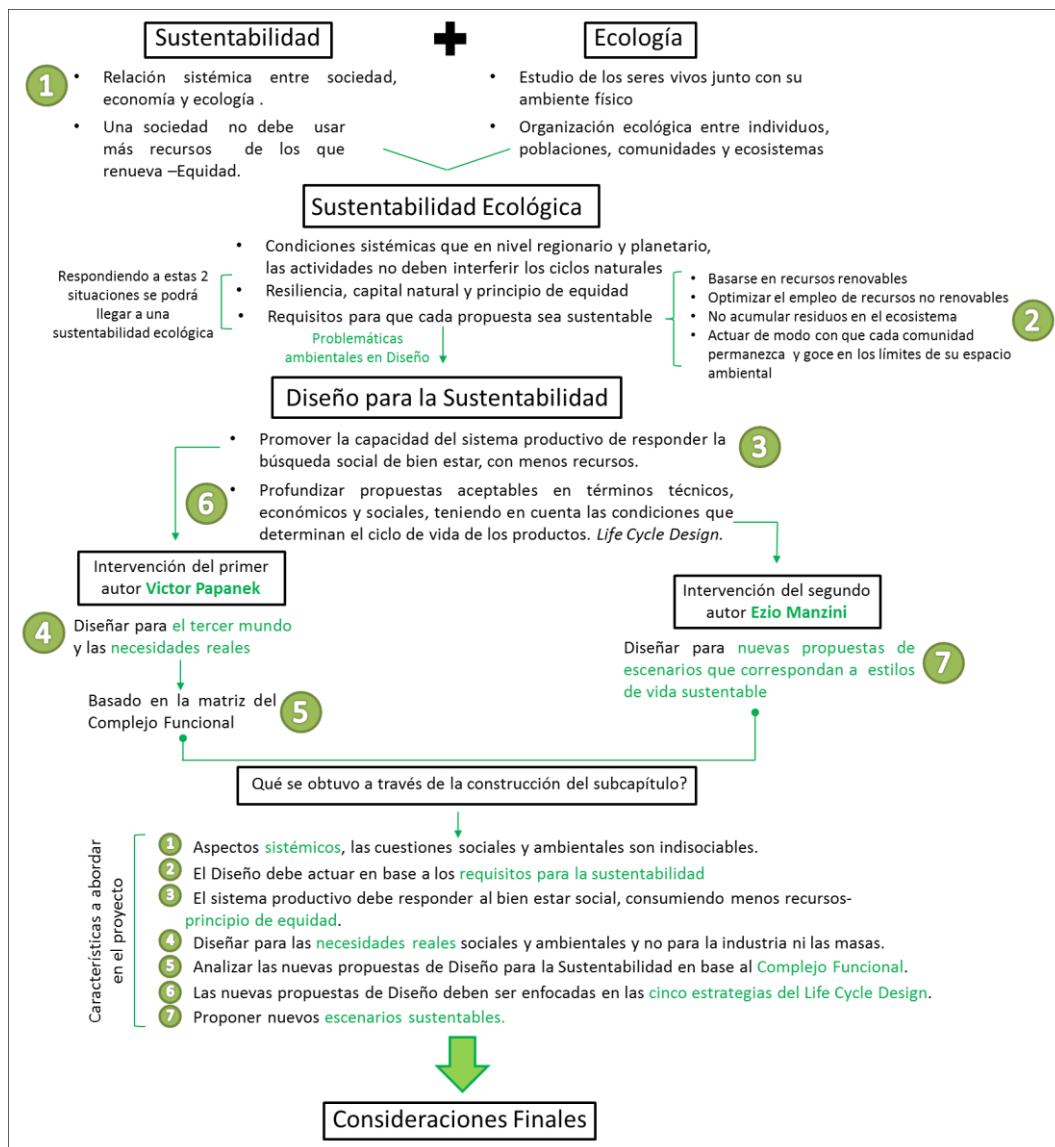
Como consideraciones finales queda para recalcar, como a partir de un trabajo teórico y localización de conceptos, llevó a una definición de cómo debe ser la praxis del Diseño Participativo junto con ciertas particularidades que como punto principal permite el trabajo del usuario y se convierte en pieza fundamental del proceso de Diseño. El objetivo principal de la práctica de la participación es llegar a lo más profundo de las emociones, ideales, expectativas, sueños y significaciones de los individuos, en pro para una propuesta de Diseño donde se plantee lo que ellos desean y piensan y no lo que se les imputa. Valorando aún más, que dentro de esta práctica se tendrá un enfoque en poblaciones rurales -con cierta tendencia a algunas carencias sociales-, basado en sus derechos humanos, en la equidad y en la mejora de la calidad de vida, creando a través del Diseño, seres humanos útiles, capaces, autosuficientes, proactivos y con sentido de pertenencia.

Los alcances reales dentro de la investigación claramente no permitirán realizar el proceso participativo planteado y deseado, donde la población pueda hacer parte de todo este proceso, el tiempo durante esta maestría es corto y llegar a realizar una actividad semejante puede llevar más tiempo del permitido, es por esto que este proceso participativo se deja como parte de los trabajos futuros.

Teniendo entonces concluido este subcapítulo, cabe recalcar que esta será la base teórica para afrontar los siguientes capítulos dentro del curso de esta investigación. Siendo con exactitud el capítulo tres, donde se desarrollará los estudios sociales de la población, con el fin de estudiar y entender aspectos socioculturales, espaciales y ambientales, cruzando sus características o particularidades con las problemáticas del proyecto y consecuentemente el capítulo cinco, que será la conexión del capítulo tres y cuatro, donde se mostrará hipotéticamente como sería realizada toda la práctica participativa a través de la población.

2.2.Sustentabilidad Ecológica

Para iniciar la discusión del concepto de Sustentabilidad Ecológica, se mostrará como el subcapítulo anterior un esquema que ayuda visualmente a entender la construcción del concepto y finalmente relacionándolo en el campo del Diseño. El cuadro 4 ayuda a entender igualmente como se abordará todo el subcapítulo y permite ver las interrelaciones entre Sustentabilidad y Diseño.



Cuadro 4. Esquema del concepto de Sustentabilidad Ecológica.

El termino *sustentabilidad* fue empleado e introducido oficialmente en el debate internacional, por el documento de la World Commission for Environment and Development *Our Common Future*. Este fue la base de la conferencia

UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) que se desarrolló en Rio de Janeiro en 1992.

Según Carvalho (2012) la preocupación de la crisis ambiental vinculada a la revolución industrial debido a la excesiva demanda por materia prima, contaminación extrema del agua, el aire y la tierra, generando alteraciones climáticas, problemas de salud y destrucción de los bosques comprometiendo la biodiversidad, generó una serie de conferencias internacionales e investigaciones científicas.

Esas conferencias e investigaciones propusieron posibilidades para desarrollar una metodología que mitigara el impacto negativo sobre el medio ambiente sin involucrar las actividades sociales y económicas de la población mundial. Así se planteó que la sustentabilidad pretende:

[...] establecer medio ambiente y desarrollo como un binomio indisoluble, en que cuestiones sociales, políticas, culturales, tecnológicas y ambientales se encuentren sobrepuestas. Esta propuesta asume un significado político-diplomático en la medida en que establezca los principios generales que deben nortear un compromiso político en escala mundial que proporcione el crecimiento económico sin la destrucción de los recursos naturales. (CARVALHO, 2012, apud, MUNIZ; SANT'ANA JÚNIOR, 2009, p. 258).

Esta relación sistémica, ligada a la equidad propone entonces según Marquardt (2006) que una sociedad no debe usar recursos de los que renueva para que la siguiente generación pueda tener las mismas oportunidades de acceso a dichos recursos. El límite de uso de estos últimos para el desarrollo de las actividades de las sociedades y de sus economías depende de la capacidad y reproductividad intergeneracional de los ecosistemas.

Si bien el término empezó a emplearse hace 20 años, cabe resaltar que su intención fue propuesta desde la época de la cultura señorial europea. En aquel entonces presentaban las mismas complejidades medioambientales a las de hoy, sobreutilización de los bosques y pastizales.

Esa época se caracterizó por cuatro elementos:³²

1. La dependencia de una superficie de tierra

³² MARQUARDT, B. Historia de la sostenibilidad. Un concepto medioambiental en la historia de Europa Central (1000-2006). In: *Historia Crítica*, n 32, Bogotá, 2006. pp. 172-197.

2. La organización descentralizada
3. La escasez inherente de energía y de materiales importantes (madera para la construcción de casas)
4. La tendencia del sistema a reproducirse sin crecimiento económico.

Para un numeroso grupo de nobles según Marquardt (2006) la ocupación de bosques y su poblamiento con campesinos fue un método atractivo para obtener poder sobre futuros distritos señoriales. Sin embargo al comenzar la crisis de la deforestación trajeron consecuencias como: menos bosques para más personas, la madera era insuficiente, restricciones para cocinar y calefacción, menos consumo de carne que se basaba en la caza y al disminuir los animales se redujo el abono para los pastos y por ende la erosión de las tierras agudizó las crisis. Así cuando la tierra se utilizó hasta llegar a los límites de su capacidad de carga ecológica, se presentó una presión sistémica para crear una sostenibilidad duradera y estandarizar un sistema de normas para la utilización del medio ambiente (MARQUARDT, 2006).

De esa manera se estipuló el derecho *orientado a la sostenibilidad* compuesto por cinco principios:³³

1. La descentralización política en entidades locales (estrategia en la cual se podía perfeccionar lo mejor posible el flujo de energía y de recursos).
2. Anticiparse a la máxima capacidad del sistema natural local (establecer límites al consumo medioambiental, dentro de la capacidad del sistema ecológico. Un ejemplo de esto fue cómo el consejo local redujo la utilización máxima de un pastizal de 169 a 156 vacas).
3. Control sistémico cuantitativo del consumo medioambiental (control sobre la madera, los pastizales, etc).
4. Relevancia del interés de la comunidad por encima de la individualidad.
5. La optimización de la tierra escasa.

Otro punto clave dentro de este derecho orientado a la sostenibilidad, fue el control igualmente del tamaño de la población, donde solo podían casarse y tener

³³ Ibid., pp. 180-186.

hijos aquellos que demostraran que podían sostener a sus familias. Otra manera de controlar la población fue obstaculizar la entrada de forasteros imponiéndoles a pagar altos impuestos para inmigrar (MARQUARDT, 2006).

Así, se muestra a partir de este ejemplo de la Edad Media como la estrategia de la sustentabilidad se planteaba tratando de conservar los recursos sin afectar el bien estar de la sociedad, justamente como se propone en la actualidad.

De esa manera, según Manzini y Vezzoli (2011), se sabe que en los próximos decenios deberemos ser capaces de pasar de una sociedad en que el bien estar y la salud económica que hoy son medidos en términos de crecimiento de la producción y del consumo de materia prima, a una sociedad en que sea posible vivir mejor consumiendo mucho menos y desarrollar la economía reduciendo la producción de productos materiales.

Se sabe entonces que la sustentabilidad no solo comparte aspectos ambientales, es tratar de llegar a un discurso sistémico donde cada acción en la sociedad o de igual forma cada acción ecológica afectará a un todo. Sin embargo en este contexto es tratar de llegar a términos ambientales a través de prácticas sociales que logren respetar los ciclos naturales, enfocados en el ámbito del Diseño.

La ecología de por si realiza su “estudio científico en los seres vivos, su distribución y relación entre ellos mismos junto con su ambiente físico” (BEGON et. al., 2010, p. 16).

Dentro de ese estudio se percibe la organización ecológica³⁴ entre individuos, poblaciones, comunidades y finalmente los ecosistemas. Aquí al igual que el concepto de sustentabilidad se ve una relación de todos los actores y factores de un espacio, es claro que un ecosistema ya como su nombre lo tiene es una interacción y de forma sistémica todos los factores bióticos y abióticos deben actuar en conjunto y cada acción positiva o negativa todo el sistema lo percibirá.

³⁴ *Niveles de organización ecológica*, Individuos: cualquier ser vivo de cualquier especie, Poblaciones: conjunto de individuos que pertenecen a la misma especie, Comunidades: conjunto de diversas poblaciones, Ecosistema: compuesto por individuos, poblaciones, comunidades y factores abióticos dentro de un hábitat (BEGON et al., 2010, p. 20).

Así se sabe entonces que una *Sustentabilidad Ecológica* de por sí es sistémica, su concepto claramente está enfocado y ligado hacia la equidad.

Con todo, se puede decir entonces que la *Sustentabilidad Ecológica* se refiere:

[...] a las condiciones sistémicas que en nivel regional y planetario, las actividades humanas no deben interferir en los ciclos naturales en que se basa todo en lo que la *resiliencia* del planeta permite y al mismo tiempo no debe empobrecer su *capital natural*, que será transmitido a las generaciones futuras, es decir un *principio de equidad*. (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 27).

La *resiliencia* de un ecosistema es el término empleado para indicar la capacidad de este de absorber perturbaciones, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad; pudiendo regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado. El *capital natural* por su lado es el conjunto de recursos no renovables y de las capacidades sistémicas del ambiente de reproducir los recursos renovables (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

Estas dos primeras condiciones son fundadas en consideraciones de carácter físico, ahora la tercera, *principio de equidad*, es fundada en un aspecto ético. Esto quiere decir que en el cuadro de la sustentabilidad cada persona (incluyendo las generaciones futuras) tiene derecho al mismo espacio ambiental –cantidad de energía, agua, territorio y materia prima no renovables que pueden ser usados de manera sustentable- (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

En consecuencia para lograr que las nuevas propuestas sean verdaderamente sustentables y consecuentes con las tres condiciones explicadas anteriormente se deben responder los siguientes requerimientos:³⁵

- Basarse en recursos renovables (garantizando al mismo tiempo su renovación)
- Optimizar el empleo de recursos no renovables (comprendido como agua, aire y territorio)
- No acumular residuos que el ecosistema no sea capaz de renaturalizar.

³⁵ MANZINI, E. VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. Trad. Astrid de Carvalho, São Paulo: Edusp, 2011. p. 28.

- Actuar de modo con que cada individuo y cada comunidad de las sociedades “ricas”, permanezca en los límites de su espacio ambiental y que cada individuo y comunidad de sociedades “pobres” puedan efectivamente gozar del espacio ambiental al cual tienen derecho.

Llevando seriamente esos requisitos es posible ver, analizando la situación en la actualidad cuan distante tenemos ese escenario sustentable. Son señales de esa distancia según Manzini y Vezzoli (2011) el uso insensato de los recursos renovables (sobreexplotación de algunos como la pesca o el subempleo de otros como la energía solar), el consumo insensato también de los recursos no renovables (como la rápida reducción de las reservas), acumulación de residuos, emisión en el ambiente de sustancias sintéticas potencialmente nocivas y finalmente como demuestran las evidencias estadísticas sobre el consumo mundial de los recursos como energía, agua y materia prima y la amplia diferencia entre la utilización de los países más ricos y los más pobres.

Ahora bien sumándose a esas problemáticas ambientales se hace la pregunta: ¿De qué manera el Diseño influye particularmente en esas situaciones?

Para Papanek (1971) el diseñador está profundamente comprometido en las cuestiones de contaminación que la mayoría de las demás personas. En la actualidad la explosión de desperdicios ha superado en gran manera la explosión demográfica. Su actividad influye drásticamente ya que se encuentra relacionado en la creación, procesos de producción, periodo de uso y desecho de los bienes de consumo.

Una de las maneras donde puede observarse la relación de Diseño junto con las amenazas de los equilibrios ecológicos es en el proceso de producción de bienes de consumo. En todas las fases del proceso el diseñador tiene la responsabilidad que desde el inicio tenga un carácter sustentable o insustentable.

Esas fases son: la escogencia de los materiales, procesos de fabricación, embalaje, transporte del producto, uso del producto y descarte (PAPANÉK, 1995, pp. 31-34). No obstante, el diseñador no solo tiene responsabilidad en términos técnicos. Según Forty (2007), el Diseño al tener una estrecha ligación con el capitalismo consecuentemente lleva a tener nuevamente amenazas serias en los equilibrios ecológicos. La generación de lucro en las actividades industriales influenciado por las pretensiones sociales y psicológicas, llevan a una

sobreexplotaciones de bienes que posteriormente muchos se convierten en obsoletos y al ir evolucionando dichos bienes de acuerdo a las exigencias sociales y culturales de países “ricos” y en relación al afán de lucro de las industrias, generan un fuerte impacto e interfieren negativamente en los ciclos naturales del ecosistema.

Es con claridad como se logra entender la gran responsabilidad del diseñador al abordar su actividad, cada aspecto mínimo debe ser analizado y estudiado en posibles escenarios que lleven la gran mayoría de las veces a una sustentabilidad.

Ese camino es planteado en este escenario como *Diseño para la Sustentabilidad*.

Este tiene por objetivo promover la capacidad del sistema productivo de responder a la búsqueda social de bien estar, utilizando una menor cantidad de recursos (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 23).

Como siguiente objetivo el Diseño para la Sustentabilidad debe profundizar sus propuestas en las diferentes soluciones técnica, económica y socialmente aceptables y debe considerar durante la concepción, todas las condicionantes que determinan todo el ciclo de vida. Esto es a través de la metodología del *Life Cycle Design* (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 23).

Para discutir ese primer objetivo donde se relaciona el aspecto social junto con el aspecto ambiental es precisa la intervención del primer autor, Victor Papanek.

Papanek, diseñador de la década de 1970, fue el pionero en abordar el Diseño en enfoques sociales y ambientales para el tercer mundo.

Sin embargo él recalca que el Diseño es clasista, cada vez está más alejado de las personas y del mundo real y parece que “los de arriba” no están en contacto con “los de abajo” (PAPANЕК, 1975, p. 303). A esto se refiere que al estar tan jerarquizado el Diseño, la industria se encuentra en la cima, siendo la que controla todo este campo e ignora que hay otros actores que son relevantes pero desconocen su valor –usuarios, personas de otros campos-.

Argumentaba que “la respuesta del diseño debía ser positiva y unificadora, siendo un puente entre las necesidades humanas, la cultura y la ecología” (PAPANЕК, 1995, p. 31). El enfoque del Diseño tradicional ha sido siempre basado y controlado por la industria y se deja a un lado las *verdaderas necesidades* de las personas. Según en palabras del mismo autor:

En nuestro propio país estamos descuidando las necesidades de vastas regiones agrícolas de tierra pobre, las personas física y mentalmente retrasadas e incapacitadas. Así mismo excluimos a 2.350 millones de seres humanos, habitantes de las llamadas regiones subdesarrolladas del mundo [...] las verdaderas necesidades de las amplias masas del pueblo siguen sin solucionarse. (PAPANEEK, 1972, p. 167).

Es claro que las respuestas no van dirigidas a este grupo de personas porque hoy el Diseño es para la producción y el mismo diseñador. Papanek (1975) construye una propuesta acerca de *Los mitos del diseño y el diseño de los mitos*³⁶ resalta una pregunta: ¿Producción masiva o producción a cargo de las masas? En una opinión personal, sin duda la producción tiene ambas características, es masiva y está a cargo de las masas, esto, porque solo se diseña por el capital y el lucro. Ahora, es claro también que los diseñadores principalmente diseñan para ellos mismos, por su reconocimiento y distinción, no por la satisfacción que pueda generar su aporte a la comunidad. En palabras del mismo autor ‘[...] de modo tal que el que diseñó aquel producto pueda obtener un premio en Milán o un reconocimiento en una página de revista en Gran Bretaña o una distinción del Museo de Arte Moderno en Nueva York’ (PAPANEEK, 1975, p. 305).

Es claro que si el Diseño fuese realmente para las personas según Papanek (1975), les permitiría participar en el diseño y en la producción, ayudaría a preservar los recursos escasos y minimizaría el daño ambiental.

Así Papanek propone diez³⁷ maneras para devolver el Diseño al cauce central de la vida, sin embargo acá se tendrán en cuenta seis. Las primeras cuatro se relacionan en aspectos sociales y las últimas dos en aspectos ambientales.

1. *Los diseñadores pueden conectarse de otro modo:* ¿Porque trabajar para la industria y no para el sindicato? ¿Porque trabajar para empresas tabacaleras o automotrices y no para centros de tratamiento de cáncer o grupos de ciclistas o peatones?
2. *El Diseño debe permitir a las personas participar directamente en todas las etapas del proceso de los objetos.*

³⁶ PAPANEEK, V. Edugrafología: Los mitos del Diseño y el Diseño de los mitos. En: BIERUT, M., et al. *Fundamentos del Diseño Gráfico*. Ed: Infinito, Buenos Aires. 2001. pp. 302-307.

³⁷ Ibid., pp. 306-307.

3. *Los diseñadores formarán nuevas coaliciones entre ellos mismos y los usuarios y coaliciones entre usuarios y reusuarios.*
4. *El Diseño debe permitir desde la academia, contacto directo con las necesidades reales de los habitantes en lugar de fabricarlas.*³⁸
5. *Los diseñadores tendrán que interesarse perseveradamente por las diferencias entre los recursos renovables y no renovables.*
6. *Una tecnología bien diseñada debe ser autosuficiente: debe ahorrar capital, siendo simple a pequeña escala y consciente de las consecuencias ecológicas y sociales.*

Teniendo entonces estas seis maneras según Papanek, se podrá redirigir nuevamente al Diseño a su camino original. Ahora bien sumándose a este camino de lograr escenarios sustentables, el autor propone una metodología que ayudará al diseñador a generar propuestas lógicas, eficientes y que cumplan con las condiciones sociales y ambientales. Esta metodología Papanek (1971) la hace llamar *El Complejo Funcional*. Está compuesta por seis elementos, donde cada uno se relaciona con los otros y en medio de su interacción deben cumplir con la función propuesta por el Diseño.

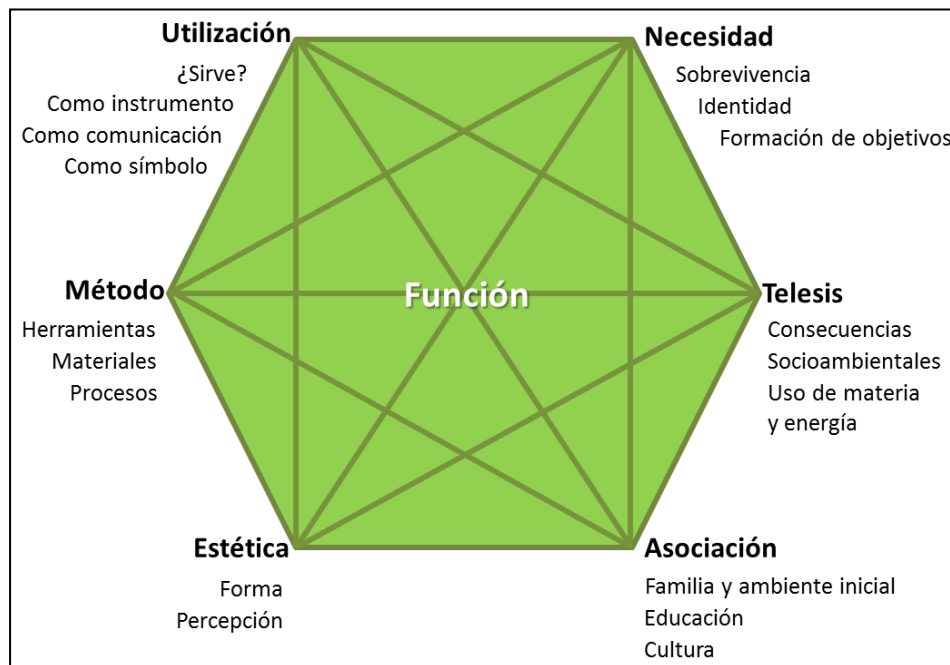


Figura 3. Complejo Funcional. Fuente: PAPANÉK, 1975, p. 21

³⁸ Misma metodología trabajada en la PUC-Rio llamada Diseño en Parceria o Diseño Social; situación explicada en el subcapítulo anterior.

Esa matriz o complejo funcional tiene una importancia dentro del Diseño y en especial dentro de esta investigación. Ayudará en el cruce de ciertos requerimientos sociales, culturales, ambientales, técnicos y tecnológicos de forma sistémica. Permitirá que dentro de la investigación se identifiquen los aspectos sociales y ambientales relevantes que deben ser desarrollados y tenidos en cuenta a la hora de abordar los objetivos y la metodología del proyecto, es de esa forma tanto esta matriz como las seis maneras explicadas por Papanek anteriormente ayudarán a tornar las respuestas y estrategias de la investigación más lógicas, sistémicas, eficientes y por ende sustentables.

Retomando la definición de Diseño para la Sustentabilidad³⁹, esta fue conceptuada a partir de dos objetivos. El primero al tener un enfoque más social y ambiental fue discutido por el anterior autor, Victor Papanek. Ahora, para discutir el segundo objetivo que tiene un enfoque más técnico en el desarrollo de productos –metodología del *Life Cycle Design*–, hará la intervención el segundo autor, Ezio Manzini.

Manzini, diseñador contemporáneo italiano, enfoca su planteamiento del Diseño en nuevas propuestas de escenarios que correspondan a estilos de vida sustentables.

Para el autor, esas propuestas de *nuevos escenarios*, se refiere a promover nuevos criterios de calidad que sean al mismo tiempo sustentables para el ambiente, socialmente aceptables y culturalmente atrayentes, relacionando de igual forma la aplicación de nuevas posibilidades tecnológicas y productivas (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

Esos nuevos criterios deben responder a la demanda de bien estar social, consumiendo menos de los recursos utilizados en las sociedades industriales. En otras palabras según Manzini:

[...] un aspecto fundamental de esta transición es que ella deberá presentarse como un imponente proceso de desmaterialización del sistema de producción y de consumo y a partir de ahí comenzaremos la construcción de nuestro escenario. (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 44).

³⁹ Definición discutida en la página 54

Para Manzini (2011), otro aspecto fundamental en la construcción de nuevos escenarios vistos desde la sustentabilidad, es a través de un *proceso de aprendizaje social*. Esta transformación tendrá presente todas las dimensiones del sistema sociotécnico en el que vivimos. Dimensión Física (flujos materiales y energéticos), Dimensión Económica e Institucional (relación entre los actores sociales) y la Dimensión Ética, Estética y Cultural (los valores y juicio, de cualidad que le darán legitimidad social).

En otras palabras los seres humanos deben aprender a vivir bien, consumiendo menos recursos ambientales y regenerando la calidad de los contextos donde viven.

Ahora enfocando esa nueva propuesta de escenario en el aspecto de Diseño para la Sustentabilidad, Manzini (2011) propone una metodología definida por el *Life Cycle Design*. Esta metodología es una manera de concebir el desarrollo de nuevos productos teniendo como objetivo que, durante todas las fases de proyecto, sean consideradas las posibles implicaciones ambientales ligadas a las fases del propio ciclo de vida del producto –preproducción, producción, distribución, uso y descarte- (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 23) buscando así minimizar los efectos negativos posibles, como justamente Victor Papanek criticó en su discusión anterior, donde daba al diseñador como uno de los mayores responsables en los impactos negativos al medio ambiente.

El *ciclo de vida* se refiere a “los intercambios entre el ambiente y el conjunto de los procesos que acompañan el nacimiento, vida y muerte de un producto” (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 91).

Ese ciclo se divide en cinco etapas⁴⁰:

1. *Pre-producción*: Producción de materiales en materia prima (adquisición de los recursos, transporte de los recursos transformación de recursos en materiales).
2. *Producción*: Transformación de los materiales, montaje y acabado.
3. *Distribución*: Embalaje, transporte y almacenaje.
4. *Uso*: Uso o consumo y servicio. Durante el uso, estos pueden requerir actividades de manutención o reparo y sustitución.

⁴⁰ MANZINI, E. VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis*. Trad. Astrid de Carvalho, São Paulo: Edusp, 2011. p. 93-97.

5. *Descarte*: Eliminación del producto y se abre una serie de opciones sobre su destino final: Se puede recuperar la funcionalidad del producto o de cualquier componente; Se puede valorizar las condiciones del material o del contenido energético del producto; O simplemente no recuperar nada del producto. Aquí se dividen en reutilizados o reciclados.

Ahora dentro de este ciclo de vida, el objetivo del *Life Cycle Design*, es reducir la carga ambiental, en otras palabras la intención es crear una idea sistémica de producto.

Esta idea sistémica podría entenderse como *eco-eficiente*, es decir debe tener la necesidad de satisfacer los requisitos típicos de un producto, esto es, los requisitos de prestación de un servicio, tecnológicos, económicos, legislativos, culturales y estéticos (MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 105).

En consecuencia para poder llegar a esa eco-eficiencia, el *Life Cycle Design* propone cinco estrategias para sistematizar el ciclo de vida de los productos.

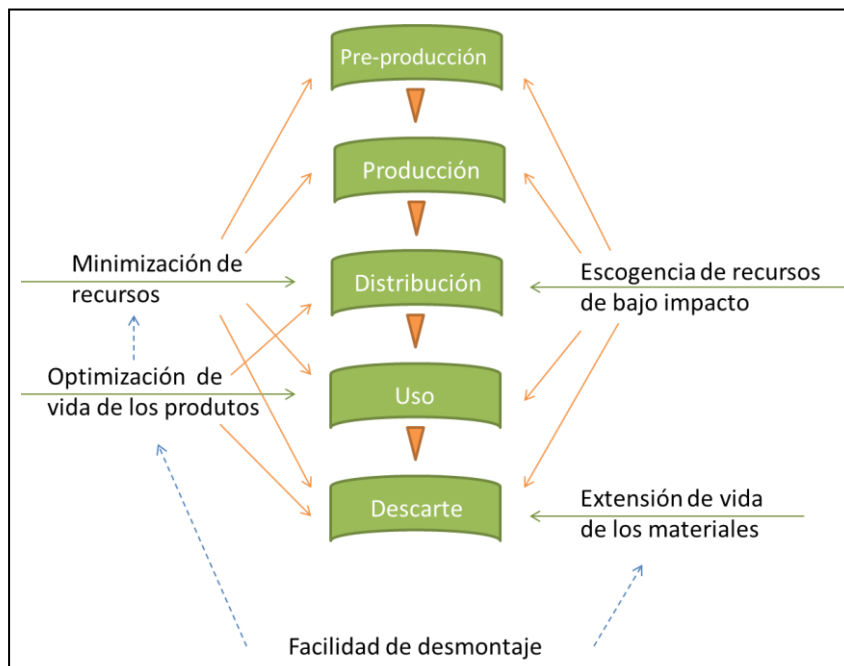


Figura 4. Estrategia del Life Cycle Design y Fases del Ciclo de Vida.
Fuente: MANZINI; VEZZOLI, 2011, p. 106.

1. *Minimización de recursos*: Reducir el uso de materiales o de energía. Es claro que usando menos materia el impacto ambiental va a disminuir, ya que menos material será producido. De la misma forma

usando menos energía consecuentemente reducirá el impacto en los ciclos naturales de los ecosistemas.

2. *Escogencia de recursos y procesos de bajo impacto*: Seleccionar los materiales, los procesos y las fuentes energéticas de mayor ecompatibilidad.
3. *Optimización de la vida de los productos*: Proyectar artefactos que perduren, es decir deben tener algunas de las siguientes referencias: Proyectar la duración adecuada, proyectar la seguridad, facilitar la actualización y adaptabilidad, facilitar la manutención, facilitar la reparación y reutilización facilitar la remodelación e intensificar la utilización.
4. *Extensión de vida de los materiales*: Proyectar en función de la valorización (re aplicación) de los materiales descartados, utilizando tres métodos: reprocesados –es decir el reciclaje-, incinerados –recuperar su contenido energético- y compostaje –cuando la materia prima secundaria es el compost, es decir el abono orgánico y mineral que es utilizado como fertilizante-.
5. *Facilidad de desmontaje*: Proyectar en función de la facilidad de separación de las *partes* y de los *materiales*. Separar fácilmente las *partes*, facilita, consecuentemente, la manutención, la reparación, la actualización y la re-fabricación de los productos. Por su vez, poder separar fácilmente los materiales facilita al reciclaje (cuando los materiales son incompatibles entre sí) y al alejamiento (cuando los materiales son tóxicos o peligrosos).

Finalizando la intervención y los aportes del autor, se recalca que estas cinco estrategias son fundamentales en la investigación, ya que permitirán ser un arquetipo de cómo se debe enfrentar el Diseño para la Sustentabilidad desde los aspectos técnicos y tecnológicos, siendo estos referentes a la actividad ejecutiva del diseñador.

Concluyendo toda la construcción del concepto de Sustentabilidad Ecológica, a lo largo del subcapítulo se identificaron siete puntos que serán abordados dentro del proyecto, más exactamente en el capítulo cuatro, donde se desarrollarán experimentaciones con algunos materiales naturales, junto con el

aprovechamiento de recursos naturales, estos puntos ayudarán a justificar de manera objetiva como abordar la Sustentabilidad desde el Diseño.

El siguiente cuadro muestra los siete puntos extraídos con algunas características definidas en la investigación en términos generales, sin embargo muchas de ellas serán definidas al ir desarrollando cada uno de los capítulos y por ende cada una de las actividades.

Características extraídas del subcapítulo	Características del proyecto enfocados en el concepto de Sustentabilidad Ecológica
1 Aspectos sistémicos , las cuestiones sociales y ambientales son indisociables.	La investigación ha mostrado que está caracterizada por aspectos sociales y ambientales. Con el fin de llegar a respuestas netamente sustentables es importante que sean abarcados de forma sistémica.
2 El Diseño debe actuar en base a los requisitos para la sustentabilidad	Algunos requisitos son el uso de recursos renovables como el aprovechamiento de energías limpias y materiales naturales que sean encontrados en la zona de estudio y puedan ser implementados en la construcción. Así se reduce el uso de recursos no renovables.
3 El sistema productivo debe responder al bien estar social, consumiendo menos recursos- principio de equidad .	Este proyecto al tener sus 2 enfoques (social y ambiental) se basa necesariamente en el bien estar de las poblaciones, reduciendo al mismo tiempo el impacto negativo del medio ambiente.
4 Diseñar para las necesidades reales sociales y ambientales y no para la industria ni las masas.	Una de las problemáticas que presenta este proyecto es el uso excesivo de la leña que muchas poblaciones rurales utilizan, esto afecta su salud y en gran cantidad hace insostenible ambientalmente su utilización, por tanto esta investigación debe enfocarse en esas necesidades reales para disminuir los aspectos negativos alrededor de la calidad de vida de algunas poblaciones y mitigar algunos aspectos ambientales como la deforestación y contaminación.
5 Analizar las nuevas propuestas de Diseño para la Sustentabilidad en base al Complejo Funcional .	El Complejo Funcional logrará mostrar los objetivos y estrategias que son planteadas en el proyecto, en pro a una propuesta sustentable tanto social como ambiental.
6 Las nuevas propuestas de Diseño deben ser enfocadas en las cinco estrategias del Life Cycle Design .	Las estrategias se definirán en el capítulo 4, sin embargo se han identificado algunas como: escogencia de recursos de bajo impacto como la selección de materiales naturales que sean encontrados en el contexto a estudiar y recursos naturales como el aprovechamiento de energías limpias).
7 Proponer nuevos escenarios sustentables .	Al concluir esta investigación claramente se estará proponiendo un nuevo escenario enfocado hacia la sustentabilidad, todo a través del Diseño.

Cuadro 5. Puntos extraídos del subcapítulo, cruzado con las características de la investigación. Fuente: Propia.

Como consideraciones finales del subcapítulo, se enfatiza nuevamente que este desarrollo teórico será la base para todo el trabajo práctico de la investigación en todo lo relacionado acerca de la Sustentabilidad Ecológica vista desde el Diseño. Será una justificación teórica para poder entender algunas de las actividades que serán desarrolladas en el capítulo cuatro, siendo este el desarrollo práctico de todo lo construido acerca de la Sustentabilidad Ecológica.

Ya para concluir este capítulo que es el puente entre la teoría y la práctica, será el concepto de Diseño Participativo quien aborde el capítulo tres (Estudios Sociales dentro de las Poblaciones Rurales) y por su lado el concepto de Sustentabilidad Ecológica se enfocará en el capítulo cuatro (Primeros Experimentos de Estudio de Caso). Siendo la unión de estos dos capítulos (tres y cuatro) el capítulo cinco (Prospección de Estudio de Caso), que mostrará hipotéticamente como sería el proceso participativo de la población a estudiar.

3.

Estudios sociales dentro de las poblaciones rurales (Sampaio Corrêa, Saquarema, Estado de Rio de Janeiro).

El Diseño Participativo a través de una de sus vertientes, el Diseño Social, deja toda una relación sociocultural a partir de estudios sociales. Estos análisis o estudios logran un entendimiento profundo en varios aspectos de un grupo de individuos, es decir, análisis espaciales, ambientales, sociales, culturales, análisis del humano con el mundo material, entre otros.

Dentro del campo del Diseño, los estudios sociales permiten entender al humano minuciosamente y por ende su relación con los objetos, que sienten, que piensan, que sueñan, como lo hacen, que dicen, como los construyen o crean, que significan para ellos y que narrativas surgen de su relación. A través de ese estudio se logra establecer una empatía entre todos los individuos involucrados, se generan lazos de compromiso.

Este capítulo desarrollará toda la actividad inicial del Diseño Participativo, es decir el Análisis de Factores⁴¹ aquí se realizará todos los estudios sociales del contexto de poblaciones rurales, articulada en tres aspectos importantes: Análisis Espacial, Climatológico y Sociocultural.

Así, dentro del desarrollo del capítulo se entenderá el contexto de esta población, con la cual se trabajará las siguientes etapas del proceso de esta investigación.

⁴¹ Recordando el cuadro 3, Seis etapas del Proceso Participativo enfocado en el Diseño Social.

Dentro de una serie de investigaciones directas y conversaciones con miembros de la Coordinación de Arquitectura de la Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, se identificó que la población de Sampaio Corrêa en el municipio de Saquarema en el estado de Rio de Janeiro, aún hace uso de fuentes energéticas como la leña para la cocción y calentamiento de agua, y presenta de igual forma una falta de energía dentro de sus hogares, aspectos fundamentales que son parte de la justificación de esta investigación.

Al tener esta información inicial, se hicieron consecuentemente cuatro visitas para confirmar la hipótesis de si aún estas poblaciones presentaban las condiciones anteriormente nombradas.

Al llegar al contexto, efectivamente se corroboró la utilización de la leña, la ausencia de energía eléctrica, otros servicios básicos y algunos aspectos sociales complejos. Sin embargo como para algunas poblaciones puede ser el uso de la leña una problemática, para otra no, ya que en ella ven una facilidad de obtención de una fuente energética, además del gusto de los alimentos al cocerlos. Ahora para algunas poblaciones esta situación se convierte en una problemática, debido a que su intensa utilización y falta de aireación en sus cocinas no permite una óptima ventilación y de este modo ellos mismos expresan que empieza a ser un inconveniente para su salud el uso de esta fuente energética.



Figura 5. Aspectos observados en términos generales en la población de la zona rural de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J. Fuente: Propia.

Teniendo entonces estos aspectos definidos se inicia el abordaje de los estudios sociales dentro del contexto, tanto espacial, climatológico y sociocultural.

The figure consists of three maps illustrating the location of Sampaio Corrêa. The top-left map shows South America, with Brazil highlighted in green. The top-right map shows the state of Rio de Janeiro, with various municipalities labeled. The bottom map is a circular inset showing the Sampaio Corrêa neighborhood in Rio de Janeiro, with a red pin indicating its location.

Figura 6. Ubicación geográfica de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J.
Fuente: Google Maps, 2013.

El municipio de Saquarema se encuentra ubicado aproximadamente a 100 Km de distancia de la ciudad de Rio de Janeiro, con una extensión de 356 Km² y una altitud de 2 metros sobre el nivel del mar.

Su ubicación es comúnmente reconocida como la Región de los Lagos (en portugués, Região dos Lagos). Esto debido a la gran cantidad de lagos que se encuentran en toda la región. Los principales son: Lagoa de Maricá, Lagoa de Guarapiné, Lagoa de Saquarema, Lagoa de Jaconé y Lagoa de Araruama.

El municipio se divide en tres distritos, Saquarema, Bacaxá y Sampaio Corrêa⁴².



Figura 7. Superior: Serra do Tingui. Inferior: Serra do Mato Grosso. Cercan el distrito de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J. Fuente: Propia.

⁴² Información obtenida a través del Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. Disponible en: < <http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=330550> >

Este último, siendo el distrito seleccionado para ser estudiado en esta investigación, se sitúa en la zona noroeste del municipio. Cercando de igual manera el distrito, se sitúan la Serra do Mato Grosso y la Serra do Tingui siendo estas, zonas forestales con gran cantidad de flora, fauna y recursos naturales.

Estando entonces este distrito rodeado de vegetación, se logró encontrar una diversidad de recursos naturales para ser utilizados como fuente de producción en la elaboración de este sistema de calentamiento y cocción solar. Al realizar los análisis del contexto se identificaron los siguientes recursos: Tierra cruda o barro, arena, bambú, fibras naturales como sisal y coco, hojas secas de palma, hierba de elefante, gramíneas y bananeras y plantas de diente de león.

Las siguientes imágenes muestran en detalle los recursos identificados en la zona.



Figura 8. Recursos encontrados en la zona del distrito de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J. Fuente: Propia.



Figura 9. Recursos encontrados en la zona del distrito de Sampaio Corrêa, Saquarema, R.J. Fuente: Propia.

Al iniciar la investigación de campo, se pudo observar una serie de particularidades en la población, al ser una zona rural con pocas construcciones, cuentan dentro de su contexto con ciertas cantidades de tierra cruda, ella es utilizada por algunos pobladores para sus viviendas. La tierra es un material económico, sostenible (puede reutilizarse) y además es un aislante térmico⁴³ (mantiene la temperatura).

Otros materiales que se pudieron observar en la zona fueron: arena, hojas secas de diversas plantas que son usadas como combustible secundario⁴⁴ por los pobladores de la zona en sus hornos basados a leña, fibras naturales como sisal y fibras de coco y cascara de arroz⁴⁵.

⁴³ Un *aislante térmico* son aquellos materiales utilizados en la construcción y la industria que se caracterizan por su alta resistencia térmica, impidiendo que entre o salga calor. En este caso el *barro*, demora en absorber el calor pero demora en disiparlo, por ende logra mantener su calor por largo tiempo.

⁴⁴ *Combustible secundario* es un soporte del combustible primario que es utilizado por los pobladores, en este caso la leña, de esta manera utilizan las hojas secas y la planta de diente de león como ayuda en la iniciación del fuego.

⁴⁵ La cascara de arroz no fue encontrada en gran cantidad, sin embargo será utilizada en las experiencias de los materiales, situación que se especificará en el siguiente capítulo.

De esa manera este análisis espacial muestra la diversidad de recursos naturales que pueden ser usados en las actividades diarias de la población, desde aspectos constructivos, hasta aspectos de cocción.

Así pues al recorrer la zona de identificaron ciertos materiales que serán estudiados en el siguiente capítulo y donde se podrá analizar el comportamiento de cada uno expuestos al sol en experimentos sencillos, esto se abordará en el siguiente capítulo.

3.2 Análisis Climatológico

La región sureste de Brasil -ubicación a la que pertenece el estado de Rio de Janeiro- presenta un clima tropical, teniendo dentro de la región los tres principales tipos de variedad de este clima: Tropical de Selva, Tropical Monzónico y Tropical de Sabana, según la *clasificación climática de Köppen*.

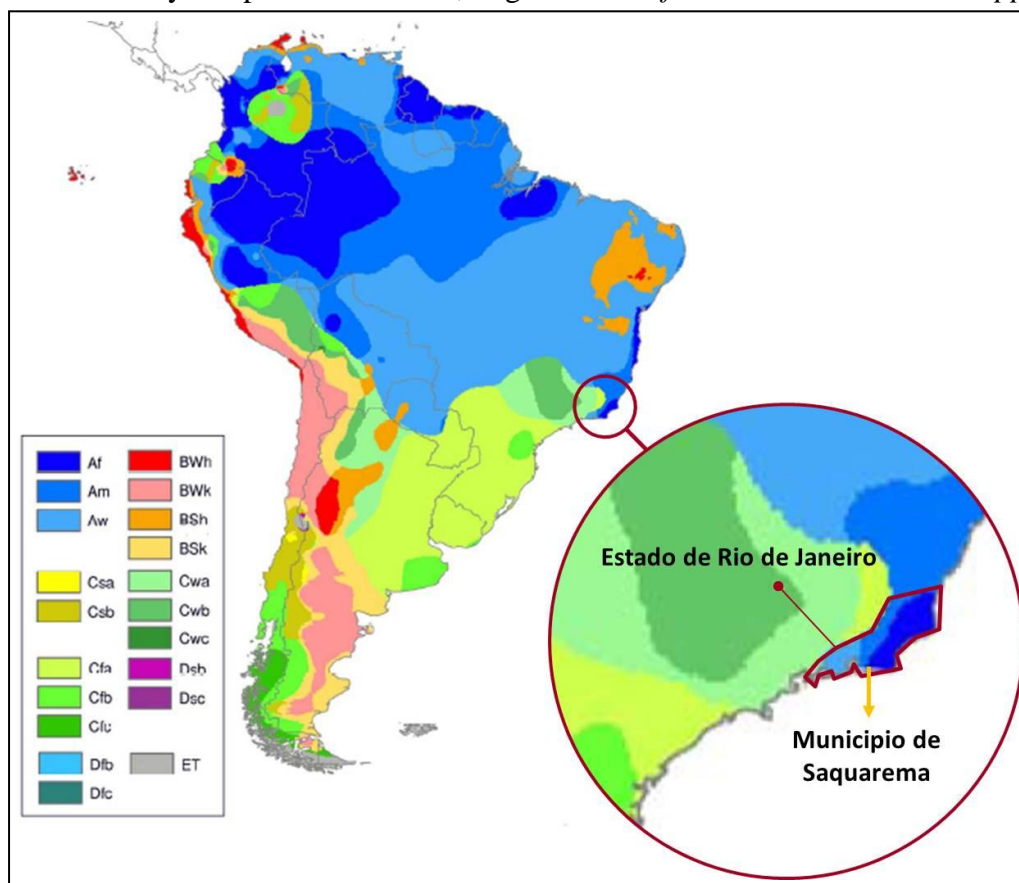


Figura 10. Clasificación climática de Köppen en Sur América, especificando el municipio de Saquarema en el Estado de Rio de Janeiro. Fuente: PEEL; FINLAYSON; McMAHON, 2007.

El clima Tropical Monzónico se caracteriza por tener una estación seca muy marcada entre 25-35 °C, con posibilidad de 40-43 °C y un máximo pluviométrico que se alcanza cuando está cerca la *zona de convergencia intertropical* (ZCIT). Tiende a darse en el este de los [continentes](#) y de igual manera es un clima muy lluvioso, en torno a los 2.500 mm, y con escasa oscilación térmica, entre 5 y 7 °C. (PEEL; FINLAYSON; McMAHON, 2007).

El municipio de Saquarema, se caracteriza entonces por tener veranos cálidos e inviernos suaves, donde sus temperaturas máximas oscilan entre 30 °C-38 °C y ocasionalmente superan los 40 °C. Ahora, las temperaturas mínimas van desde 17-25°C, en algunos casos se encuentran temperaturas cercanas a los 13 °C, en época de invierno. Por tanto los meses más cálidos son diciembre, enero y febrero y junio y julio los más fríos.

Las precipitaciones están bastante divididas entre el verano y el invierno, pero es ligeramente superior durante el primer semestre del año, es decir en el verano, debido a las altas temperaturas que agilizan el proceso de evaporación y por ende la condensación del agua. Ya en la época de invierno baja la temperatura y de la misma forma las precipitaciones.

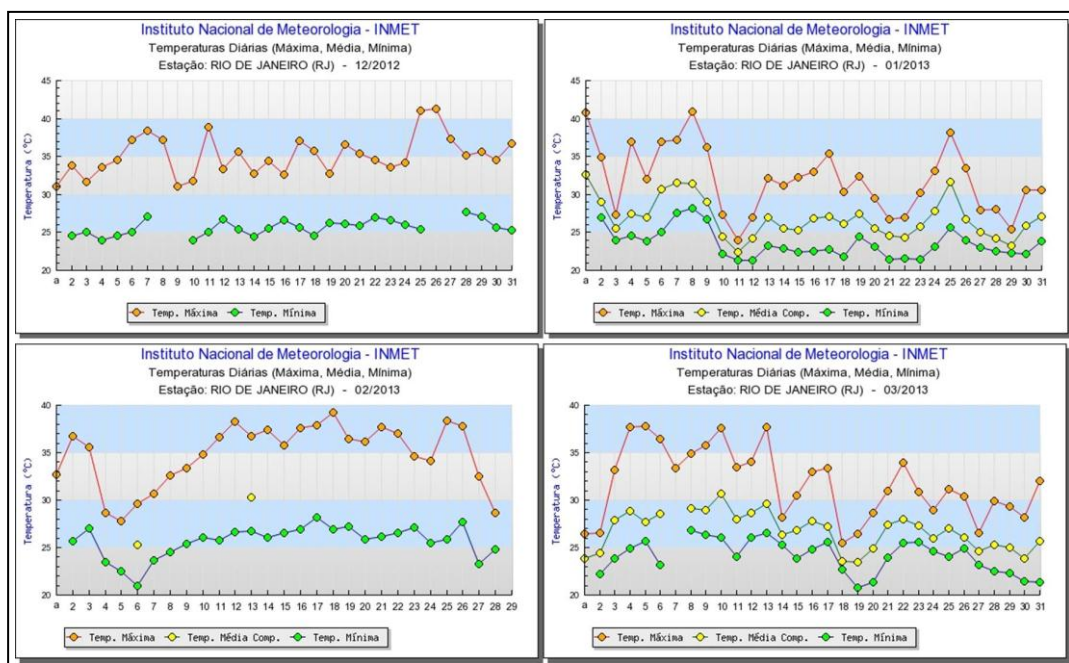


Figura 11. Gráficas con temperaturas máximas y mínimas diarias durante verano. Superior izquierda: Diciembre de 2012, Superior derecha: Enero de 2013, Inferior izquierda: Febrero de 2013, Inferior derecha: Marzo de 2013. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

La anterior imagen muestra el comportamiento de la temperatura durante la época de verano en la estación⁴⁶ de Rio de Janeiro, según el INMET, siendo esta la más cercana al municipio de Saquarema.

El mes de diciembre y febrero tuvo aproximadamente 15 días con temperaturas por encima de los 35 °C. Enero y marzo fueron un poco menos cálidos, sin embargo las máximas oscilaron entre los 30 y 35 °C. Las temperaturas mínimas en general no descendieron de los 25°C.

La siguiente imagen, muestra ahora el comportamiento climático en época de invierno.

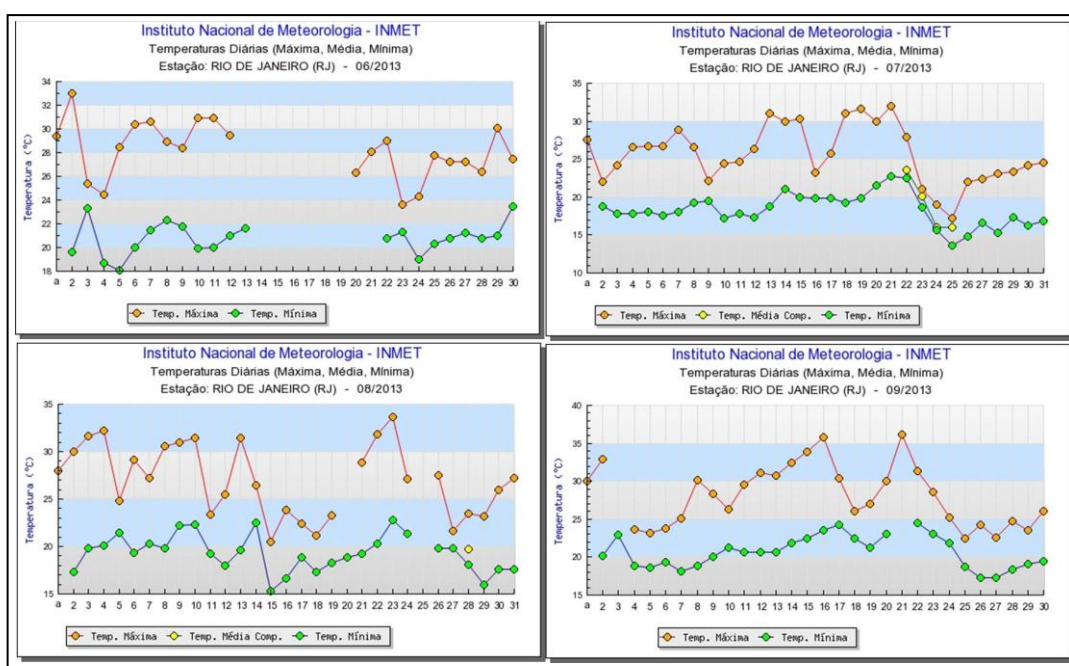


Figura 12. Gráficas con temperaturas máximas y mínimas diarias durante invierno. Superior izquierda: Junio de 2013, Superior derecha: Julio de 2013, Inferior izquierda: Agosto de 2013, Inferior derecha: Septiembre de 2013. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

⁴⁶ Según el INMET, *Instituto Nacional de Meteorología*, el estado de Rio de Janeiro posee 4 estaciones de medición y análisis. La estación ubicada en la ciudad de Rio de Janeiro muestra los análisis climáticos como tal de la ciudad y de municipios cercanos a la misma, entre ellos, el municipio de Saquarema. Disponible en:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>> Acceso en: 01 de noviembre de 2013.

Dentro de las gráficas se observa como las temperaturas máximas diarias durante el invierno oscilan desde los 20 °C a los 35 °C, teniendo cambios abruptos entre días. Las temperaturas mínimas por su parte se encuentran desde los 15 °C a los 20 °C.

En cuanto a los análisis de precipitaciones y con la siguiente gráfica de lluvias acumuladas a lo largo del año de 2013, se corrobora la tendencia de precipitaciones fuertes en verano y suaves en invierno.

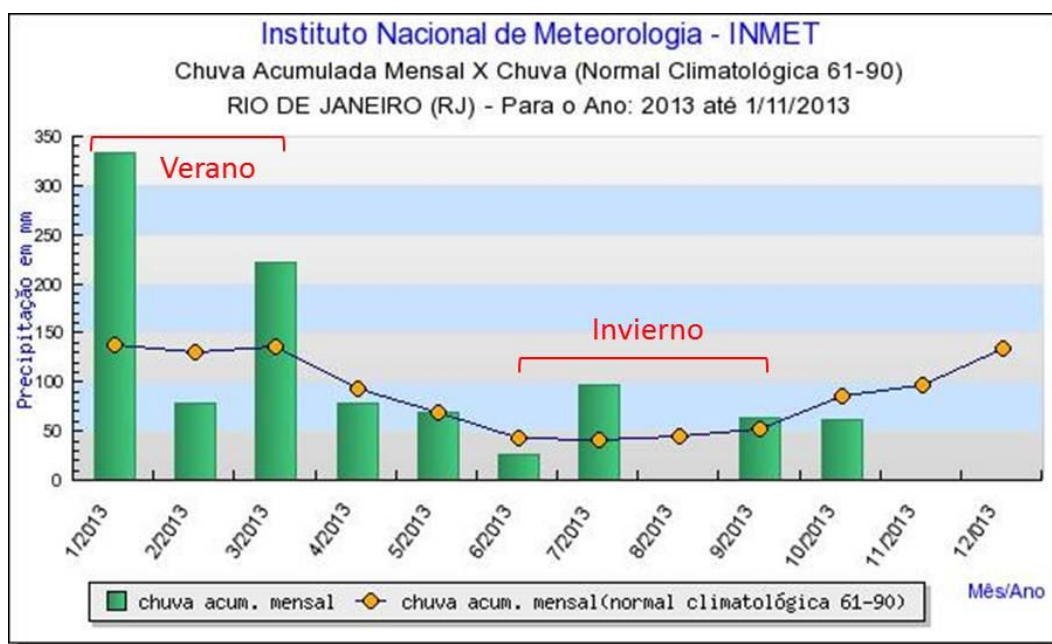


Figura 13. Análisis de precipitaciones acumuladas a lo largo del año de 2013. Fuente: Instituto Nacional de Meteorología.

Este análisis climatológico deja como conclusión que dentro de Río de Janeiro como en el municipio de Saquarema, durante gran parte del año se presentan altas temperaturas y de igual forma altas precipitaciones, sin embargo teniendo la posibilidad de temperaturas elevadas durante el verano y temperaturas medias y altas durante el invierno con pocas posibilidades de precipitaciones permite que el proyecto pueda tener viabilidad en esta zona y pueda ser implementado este sistema de aprovechamiento de energía solar.

3.3 Análisis Sociocultural

Las *zonas o poblaciones rurales* se entienden generalmente como contextos de menor tamaño que una ciudad y se dedica principalmente a actividades económicas propias del sector primario, ligadas a las características físicas y los recursos naturales de su entorno próximo (agrícola, ganadero, forestal, pesquero o a veces minero).

Otras características que se utilizan para identificar una población rural, es su distancia sobre la ciudad y el tipo de relación sobre la estructura formal urbana. De igual forma para determinar la calificación de *núcleo rural* se necesitan ciertas características cuantitativas y cualitativas. El aspecto cuantitativo se define a partir del número de la población. En algunos países este dato es fundamental a la hora de definir entre una zona rural y urbana. Un ejemplo de esto se ve en México. Según el INEGI, *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática*, utilizan el criterio político-administrativo y el tamaño de la población para definir lo rural de lo urbano. Las zonas urbanas son localidades de 2.500 habitantes o más. Las zonas rurales por su parte son aquellas con menos de 2.500 habitantes. (PAULON, 2008, apud, INEGI, 2004).

Por su lado, el aspecto cualitativo se define a través de las características formales, estructurales y delimitaciones de una zona, es decir si el contexto estudiado carece de áreas legales urbanas como edificios, avenidas, entre otros, es considerado como una zona rural. En cuanto a los aspectos de delimitaciones, si una zona está fuera de los perímetros urbanos es considerada rural.

En países como Brasil según el IBGE –*Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*-, el aspecto cualitativo es fundamental a la hora de definir las zonas urbanas y rurales, específicamente toman en cuanto los aspectos de delimitaciones. La definición oficial brasilera entre urbano y rural es basada en la ley. De esta manera son urbanas las sedes municipales (ciudades) y las sedes distritales (villas), cuyos perímetros son definidos por ley municipal. Por tanto las zonas rurales son aquellas que están fuera de los perímetros urbanos (PAULON, 2008, apud, IBGE, 2000).

Un último aspecto para definir los contextos rurales son los ámbitos sociales y antropológicos. Aquí se observan características de modos de vida rústicos y

simples, muy propios de la era preindustrial y que lógicamente han quedado difuminados en la sociedad posindustrial. Los trabajos en el sector agrícola, pesquero, ganadero y forestal, son característicos en el diario vivir de los pobladores de estas zonas.

Entendiendo un poco las características propias para identificar las zonas rurales y urbanas, se pasará a entender como está clasificado el municipio de Saquarema junto con el distrito de Sampaio Corrêa.

El municipio de Saquarema fue durante varias décadas considerado como una población rural, aldea o villa (vila, en portugués) de acuerdo a ciertas leyes y decretos en 1841. En 1890 se instauró un nuevo decreto estadual que la elevó de villa o población rural a ciudad⁴⁷. Por la deliberación y los decretos estaduais de 1892, son creados los distritos de Mato Grosso y Palmital en el municipio. Ya en 1911, en división administrativa referente a ese mismo año el municipio es constituido por tres distritos: Saquarema, Mato Grosso y Palmital.

Entre 1938 y 1946 a través de varios decretos Mato Grosso pasó a llamarse Sampaio Corrêa y Palmital en Bacaxá. Finalmente ya en 1960, a través de la división territorial del mismo año, se constituyen los tres distritos, que hasta el día de hoy permanecen en el municipio: Saquarema, Bacaxá y Sampaio Corrêa.

Los distritos dentro del municipio pertenecen a las mismas órdenes territoriales a través de leyes y decretos, por tanto el municipio como tal es considerado una ciudad. Sin embargo ciertas poblaciones ubicadas en el distrito de Sampaio Corrêa muestran todas las características de zonas rurales.

Puntos como: *Demografía, Ubicación, Aspectos formales y estructurales de las zonas y Aspectos sociales*, llevan a las particularidades de aquellos contextos.

En cuanto al punto de *Demografía*, según el IBGE, de acuerdo al censo realizado en 2010, la población total en el distrito de Sampaio Corrêa, fue de

⁴⁷ Esto es un claro ejemplo de cómo se define una zona rural y urbana a través de las leyes municipales. Este aspecto cualitativo confirma como en Brasil es fundamental para categorizar una zona. Disponible en:

<<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=330550&search=rio-de-janeiro/saquarema|infograficos:-historico>> Acceso en: 13 de noviembre de 2013.

1.049 habitantes. La población masculina representa el 51.76 % con 543 habitantes, la población femenina por su parte representa el 48.24 % con 506 habitantes.

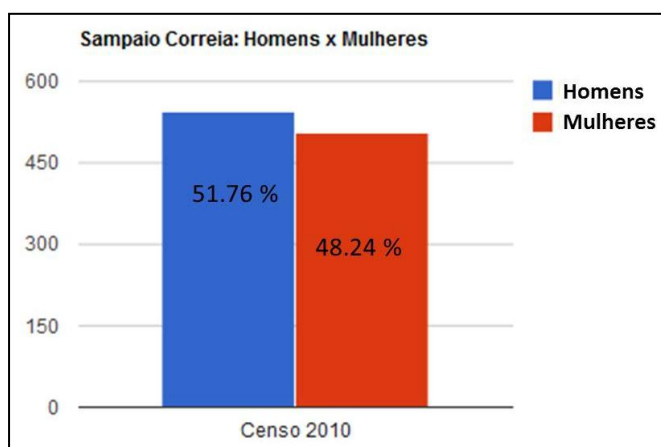


Figura 14. Población total en el distrito de Sampaio Corrêa. Censo realizado en 2010. Fuente: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Cabe recordar, cómo fue explicado anteriormente, la metodología que utiliza México para definir las zonas rurales y urbanas. Esto es a través del tamaño de la población, siendo los contextos rurales definidos a partir de menos de 2.500 habitantes. Siendo así, este distrito podría considerarse desde su análisis demográfico como una población rural.

Ahora por su parte el municipio de Saquarema presenta una población total de 74.234 habitantes. La población masculina representa el 49.65 % con 36.855 habitantes, mientras la población femenino representa un 50.35 % con 37.379 habitantes.

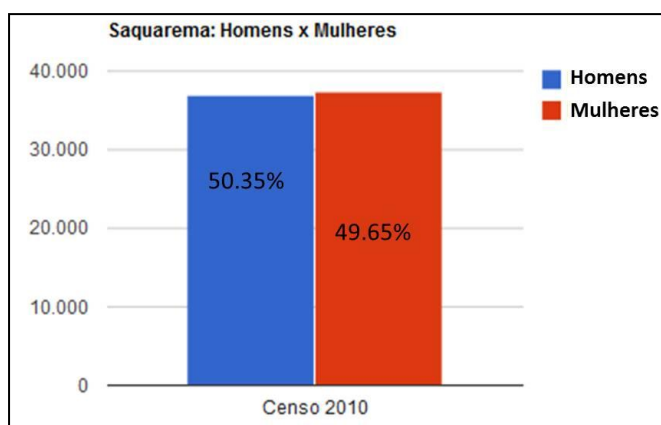


Figura 15. Población total en el municipio de Saquarema. Censo realizado en 2010. Fuente: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Este número de población ya empieza a ser considerado en muchas zonas como un contexto urbano. Sin embargo de esos 74.234 habitantes, 3.778 son de población rural residente en el municipio.

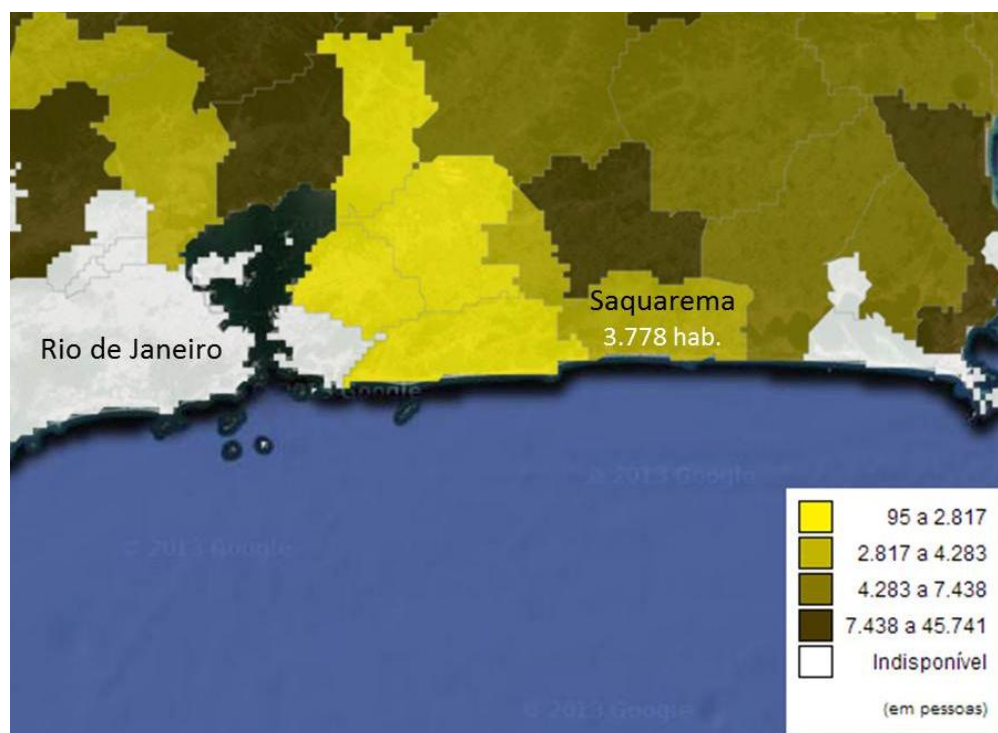


Figura 16. Población rural residente en municipios del estado de Rio de Janeiro. Censo realizado en 2010. Fuente: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Ahora, en cuanto al punto *Ubicación*, se podrá ver como el distrito de Sampaio Corrêa nuevamente presenta características de contextos rurales.

De los tres distritos que se encuentran en el municipio, Sampaio Corrêa es el más alejado de toda la zona urbana, además de estar rodeado por zonas forestales y campos agrícolas. De hecho un 70% del municipio es zona forestal y agrícola, dejando el 30% restante para la zona urbana.

En la figura 17 se observa como el distrito de Sampaio Corrêa se encuentra alejado de la zona urbana del municipio, donde muchas poblaciones al estar en lugares inaccesibles topográficamente dejan de hacer parte de la estructura formal urbana. Esto trae ciertas consecuencias, como la ausencia, en algunos casos, de servicios públicos como agua, luz eléctrica, gas, entre otros.



Figura 17. División espacial del municipio de Saquarema. Fuente: Google Earth, 2013.

En cuanto al tercer punto, *Aspectos formales y estructurales de las zonas*, a través de esa lejanía respecto a la estructura formal urbana del municipio, se presenta una carencia de avenidas. Sin embargo dentro de todo el distrito se encuentran conexiones viales, pero en ciertas poblaciones no es posible tener algún tipo de acceso.



Figura 18. Superior: Falta de acceso vial en algunas poblaciones del distrito debido a su topografía. Inferior: Accesos viales en el interior del distrito de Sampaio Corrêa. Fuente: Propia.

El último y cuarto punto, *Aspectos sociales*, se podrá ver la relación espacio y cultura dentro del distrito de Sampaio Corrêa y como esta relación conlleva de nuevo a ver características de zonas rurales.

Inicialmente se entiende que una zona rural se dedica principalmente a actividades económicas propias del sector primario, ligadas a las características físicas y los recursos naturales de su entorno próximo (agrícola, ganadero, forestal, pesquero o a veces minero). Aquí es interesante ver como todo el entorno dentro del distrito se presta para la realización de este tipo de trabajos.

La figura 19 muestra esa relación y división del paisaje de esta zona.



Figura 19. Relación del entorno sobre el distrito de Sampaio Corrêa, donde la línea amarilla muestra los campos agrícolas y ganaderos de la zona. Fuente: Google Earth, 2013.

Justamente en esa relación del distrito con las actividades del sector primario, en la década de los años 60 y 70 se encontraba la planta de caña de azúcar Santa Luiza, fue la segunda mayor productora de caña en el estado de Rio de Janeiro.

Dentro del distrito se destacan entonces las actividades agrícolas y ganaderas, donde muchas poblaciones las explotan para su diario vivir o de manera comercial para la obtención de renta e ingresos.



Figura 20. Superior: Campos agrícolas de la zona. Inferior: Trabajo ganadero dentro del distrito. Fuente: Propia.

Otra característica dentro de los aspectos sociales, es la rusticidad y simplicidad en el modo de vivir dentro de la población.

Desde las construcciones de sus casas, algunos medios de transporte como la utilización de caballos y objetos y técnicas empleadas de su repertorio artesanal, son algunas características en cuanto a las relaciones culturales del distrito de Sampaio Corrêa.

En el interior del distrito estas características son vistas pero ocasionalmente, ya dentro de algunas poblaciones que se encuentran en el interior de zonas forestales presentan cada una de estas.

Las viviendas, por ejemplo, en lugares más alejados y de difícil acceso del distrito, poseen características de rusticidad. La topografía del terreno ya es un impedimento para poder realizar una construcción adecuada y compleja, por tanto la estructura de las viviendas comienzan a tener una tendencia hacia la simplicidad y con pocos elementos arquitectónicos. De la misma manera hacen un aprovechamiento de algunos materiales de la zona en sus construcciones o solo en algunos elementos de las viviendas, como madera para la construcción de cercas, puertas y ventanas.

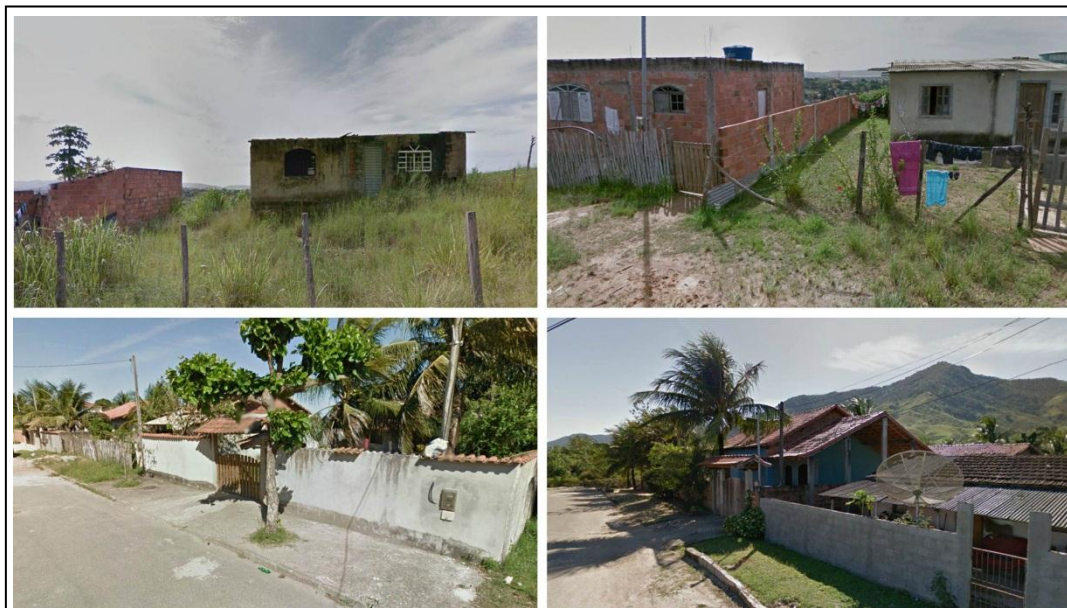


Figura 21. Superior: Viviendas con características de simplicidad y rusticidad. Inferior: Viviendas al interior del distrito con aspectos menos rústicos. Fuente: Propia.

En cuanto a las características constructivas de las viviendas al interior del distrito, ya se observan elementos más desarrollados, como viviendas con más pisos o niveles, garajes, jardines, el tamaño es claramente mayor en comparación a las otras viviendas, la topografía al ser plana y sin nivel, ayuda a un mejor manejo del espacio constructivo.

Otro punto importante dentro de este modo de rusticidad en el diario vivir de algunas poblaciones de Sampaio Corrêa son algunos objetos y técnicas empleadas de su repertorio artesanal, un ejemplo claro de esto es la utilización de hornos a base de leña.

Algunos de los pobladores aún hacen uso de la leña por el gusto y sabor agradable que esta proporciona en los alimentos. Las características formales y funcionales de los hornos determinan toda una técnica de su repertorio artesanal.

Otros pobladores por el contrario al tener carencia de algunos de sus servicios básicos como luz eléctrica o gas, se ven obligados a usar la leña como su fuente energética para la cocción y calentamiento de agua. Muchas de las viviendas al tener poca ventilación en sus cocinas impiden la circulación del aire y del humo y como la misma población expresa, esto comienza a afectar su salud

especialmente las madres y algunos niños que ayudan en el proceso de cocción y calentamiento del agua.



Figura 22. Horno de leña en algunas poblaciones del distrito de Sampaio Corrêa. Fuente: Propia.

De esta manera, la población misma expresa que sería interesante poder mejorar la tecnología para que no siga afectando su salud, pero que al mismo tiempo sea económico y de fácil acceso. Así, después de esta importante intervención de la población, se plantea inicialmente para ser trabajado dentro de esta investigación, un Sistema de Calentamiento de Agua con el aprovechamiento de la energía solar –debido a su fácil obtención y condiciones climáticas que presenta Sampaio Corrêa con veranos fuertes e inviernos suaves–, usando como materiales para su construcción algunos de los encontrados en la zona como el barro y las fibras naturales para eliminar la leña como fuente energética y pueda ser posible una transición a energías limpias, además ambientalmente estaría disminuyendo algunos impactos negativos como la contaminación del aire y una posible deforestación y desertificación.

Inicialmente la investigación se enfocará en el desarrollo del sistema de calentamiento de agua, dejando los aspectos de cocción para futuros trabajos. Esto, con la idea de demostrar o de analizar hasta qué punto se puede obtener un sistema con esta tecnología haciendo uso de materiales naturales para su construcción.

Dejando entonces como conclusión dentro de este capítulo, a partir de todos estos estudios sociales se logra entender todas las características de una población. Aquí, el análisis espacial, climatológico y sociocultural, llevaron a concluir que dentro del municipio de Saquarema, siendo exactamente el distrito de Sampaio Corrêa, presenta las características idóneas a nivel social, espacial, ambiental, cultural y climatológico para ser la prospección de estudio de caso de esta investigación. Como ya ha sido explicado anteriormente, esta población de Sampaio Corrêa, dentro de los alcances de la investigación, no realizará el proceso participativo planteado en el capítulo anterior, pero como fue mostrado en este capítulo, ellos mismos desde el inicio propusieron la idea de una mejora en la tecnología, siendo económicamente viable y de fácil accesibilidad, además de dar el importante aporte de hacer una transición a energías renovables como la solar. De esta manera, intrínsecamente intervienen y se hacen partícipes en toda esta investigación, sin embargo al no realizar el proceso participativo originalmente planteado en el capítulo dos, se mostrará de acuerdo a las características ya identificadas dentro de la población y todo su contexto como sería hipotéticamente ese proceso, esto será mostrado en el capítulo cinco.

4.

Primeros Experimentos de Estudio de Caso

A través del estudio sobre Sustentabilidad Ecológica y según Manzini y Vezzoli (2011) se logró extraer, cómo de manera sistémica las actividades humanas no deberían interferir de forma agresiva en los ciclos naturales. Dentro del campo del Diseño esto es visto como la capacidad del sistema productivo de responder a la búsqueda social de bien estar, utilizando una menor cantidad de recursos y tornando efectivo su uso, es decir un principio de equidad.

Esa búsqueda social de bien estar en relación a una menor y mejor utilización de recursos es el objetivo de toda esta investigación, donde justamente el anterior capítulo abarcó los análisis sociales y ahora este capítulo abordará puntualmente los aspectos ambientales enfocados en el aprovechamiento de materiales naturales y recursos renovables.

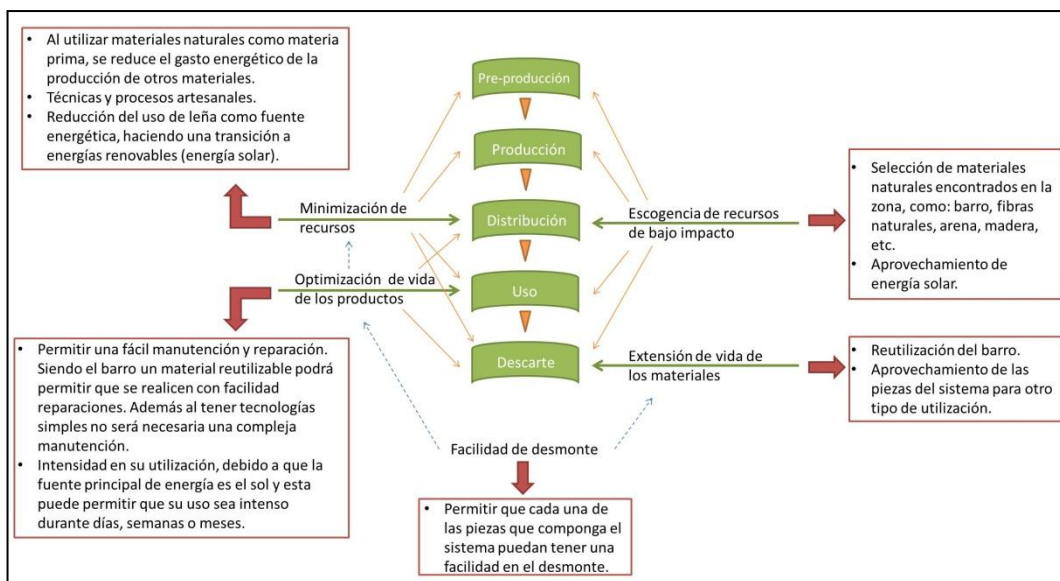
Enfocando esta relación social de bien estar junto con el aprovechamiento de recursos naturales, directamente ligado al campo del Diseño, es llamado de *Diseño para la Sustentabilidad*, en este escenario se plantean propuestas las cuales deben ser aceptables en términos técnicos, económicos y sociales teniendo en cuenta ciertas condiciones que determinan el ciclo de vida de los productos.

Este ciclo de vida de los productos⁴⁸, que fue propuesto por Ezio Manzini y Carlo Vezzoli (2011) posee cinco estrategias, las cuales son: Minimización de recursos, Escogencia de recursos de bajo impacto, Optimización de vida de los productos, Extensión de vida de los materiales y Facilidad de desmonte.

⁴⁸ El ciclo de vida de los productos o en inglés Lyfe Cycle Design, fue propuesto en el libro “O desenvolvimento de produtos sustentáveis”, por Manzini y Vezzoli (2011). Información que fue abordada en el capítulo 2, páginas 58-60.

Por tanto estas estrategias permiten una fundamentación de cómo se debe abordar en el campo estrictamente del Diseño aspectos técnicos y tecnológicos que permitan una sustentabilidad ecológica y al mismo tiempo un bien estar social de las poblaciones.

Así pues, el Cuadro 6 lleva a entender de qué manera esas estrategias son enfocadas directamente con los aspectos de la investigación, es decir es un cruce con las características del proyecto.



Cuadro 6. Relación las estrategias del Ciclo de Vida de los Productos- Lyfe Cycle Design- con las características del proyecto. Fuente: Propia.

Este esquema muestra ciertas características identificadas donde se resalta *la utilización de materiales naturales* encontrados en la zona que fue estudiada y mostrada en el capítulo anterior (Distrito de Sampaio Corrêa, en el Municipio de Saquarema, RJ), al igual que el *aprovechamiento de fuentes energéticas renovables como energía solar*.

De esta manera este capítulo mostrará entonces todas las experiencias con los materiales naturales encontrados en Sampaio Corrêa con el fin de entender cuál es el material más adecuado para la construcción del Sistema de Calentamiento de Agua con el aprovechamiento de la energía solar y ver finalmente si su funcionamiento es eficiente, al punto de poder reemplazar la leña como fuente energética.

Pero para poder comprender de qué manera se deben realizar estos experimentos, inicialmente se debe hacer un entendimiento sobre la fundamentación básica de estudios en energía solar, extrayendo de ahí principios físicos y características formales y funcionales en ejemplos de cómo aplicar la energía solar, para así fundamentar el diseño del Sistema de calentamiento de agua. Enfatizando de igual manera, en el transcurso del capítulo, la definición del material base a utilizar mostrando sus características y comportamiento respecto a la exposición solar.

De esta manera el capítulo está dividido en 2 partes, la primera se enfocará en la fundamentación sobre estudios de energía solar y la segunda tendrá como énfasis todas las experiencias hechas tanto del entendimiento de los materiales expuestos al sol como la definición del diseño del Sistema y experiencias finales del mismo ya montado y expuesto igualmente a la energía solar.

4.1. Fundamentación en estudios de Energía Solar

Dentro de esta investigación esta fundamentación teórica solo se abordará de manera básica. Los estudios sobre energía solar desde la física e ingeniería son complejos y dentro de este proyecto solo se enfocaran en términos teóricos más no numéricos. Esta fundamentación es clave en el entendimiento de cómo abordar de manera simple el aprovechamiento de la energía solar y a partir de esta definir aspectos formales, funcionales y principios físicos que dentro del diseño del Sistema de calentamiento de agua de esta investigación debe tener.

Este tipo de sistemas, al basarse exclusivamente en la radiación solar directa, deben ser dotados de un dispositivo o simplemente de ciertas particularidades que permitan la orientación para seguir el movimiento aparente del sol a cada hora y cada día. La angulación de la radiación solar de verano es diferente a la de invierno, esto es llamado el *solsticio de verano y de invierno*, por tanto es importante entender de qué manera se comporta el sol en cada uno de los solsticios.

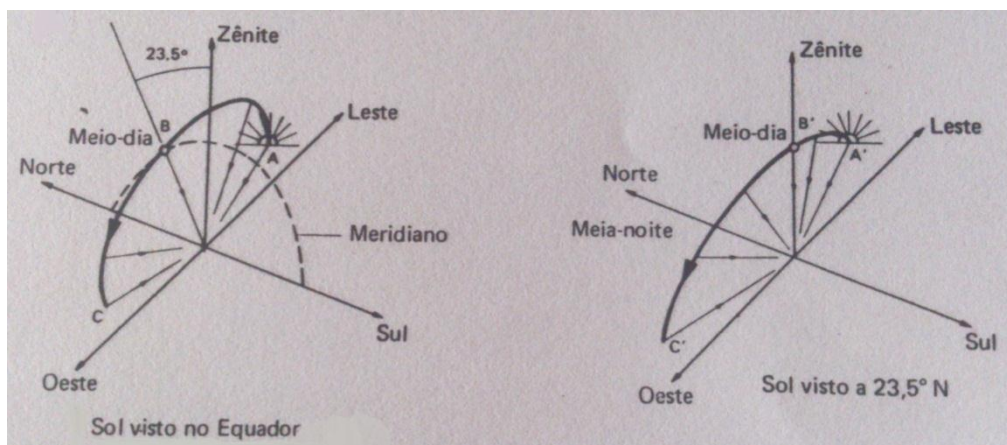


Figura 23. Movimiento del globo en el solsticio de verano, visto en el Ecuador y a $23,5^\circ$ N. Fuente: PALZ, 1981, p. 171.

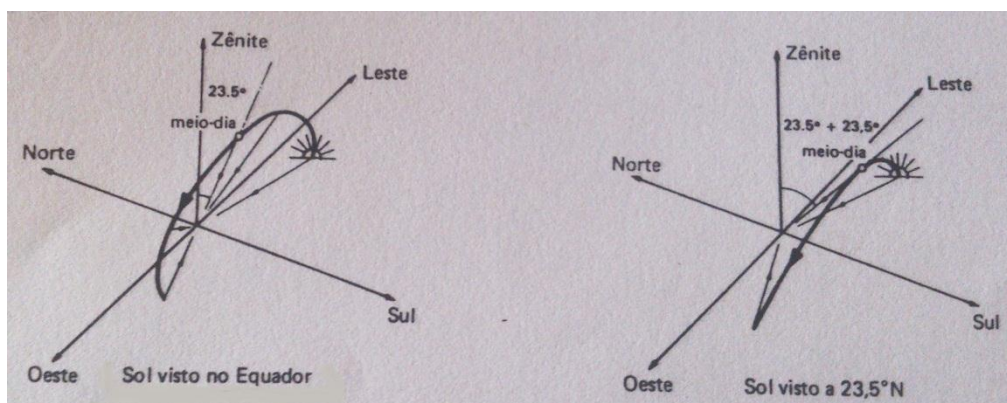


Figura 24. Movimiento del globo en el solsticio de invierno, visto en el Ecuador y a $23,5^\circ$ N. Fuente: PALZ, 1981, p. 172.

El sol visto a $23,5^\circ$ N es la angulación que se presenta justamente en el sureste de Brasil, en ese caso sería $23,5^\circ$ S, por tanto es importante ver en las 2 imágenes cada uno de los solsticios vistos en esa angulación.

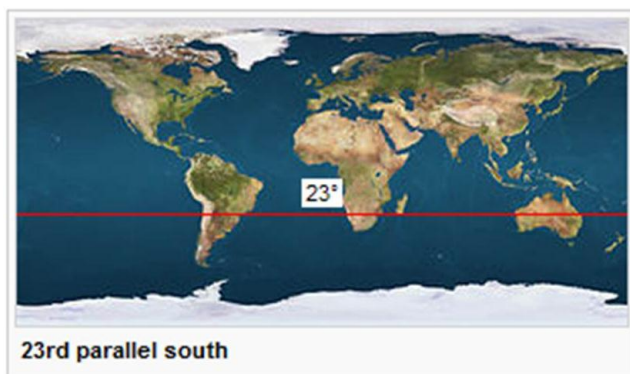


Figura 25. Angulo 23 en el paralelo sur, atraviesa el sureste de Brasil, exactamente en Rio de Janeiro. Fuente: Google Earth, 2013.

Las angulaciones del sol en el solsticio de verano e invierno son diferentes, de esa manera se debe tener en cuenta que el Sistema de calentamiento de agua solar debe presentar la particularidad de orientarse en los 2 solsticios y a cada hora del día, para así hacer un aprovechamiento más eficiente de la radiación solar.

De acuerdo con estas angulación los rayos del sol se ven en cada solsticio de la siguiente manera:

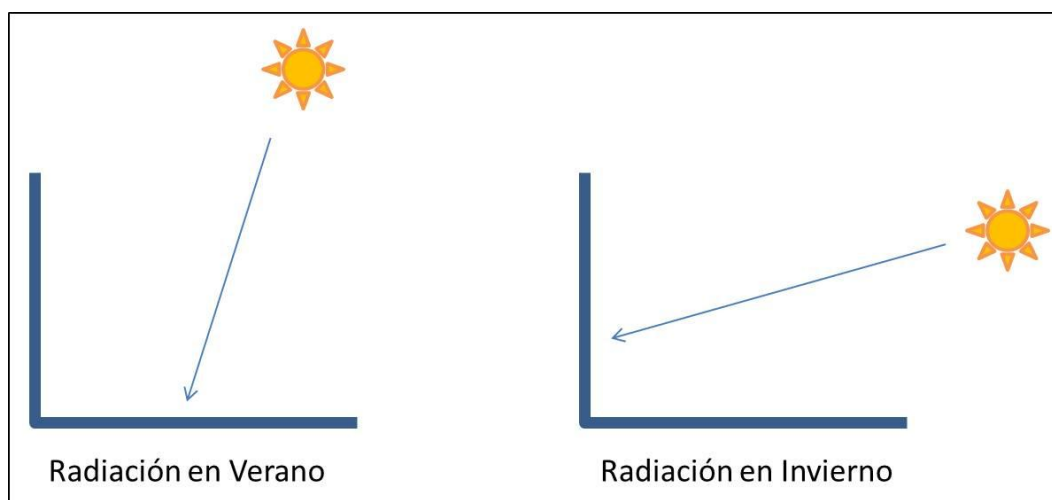


Figura 26. Radiación incidente referente a cada época del año. Fuente: ORTEGA, 1999, p. 77-78.

De acuerdo con estas imágenes al momento de exponer el sistema a la radiación solar, se tendrá en cuenta de cómo orientar el mismo de manera que la radiación incidente se aproveche tanto en el solsticio de verano como en el de invierno.

Esta referencia se tendrá en cuenta de nuevo al momento de presentar las experiencias del Sistema con el sol, diferenciando la orientación del mismo en la época de verano con la de invierno.

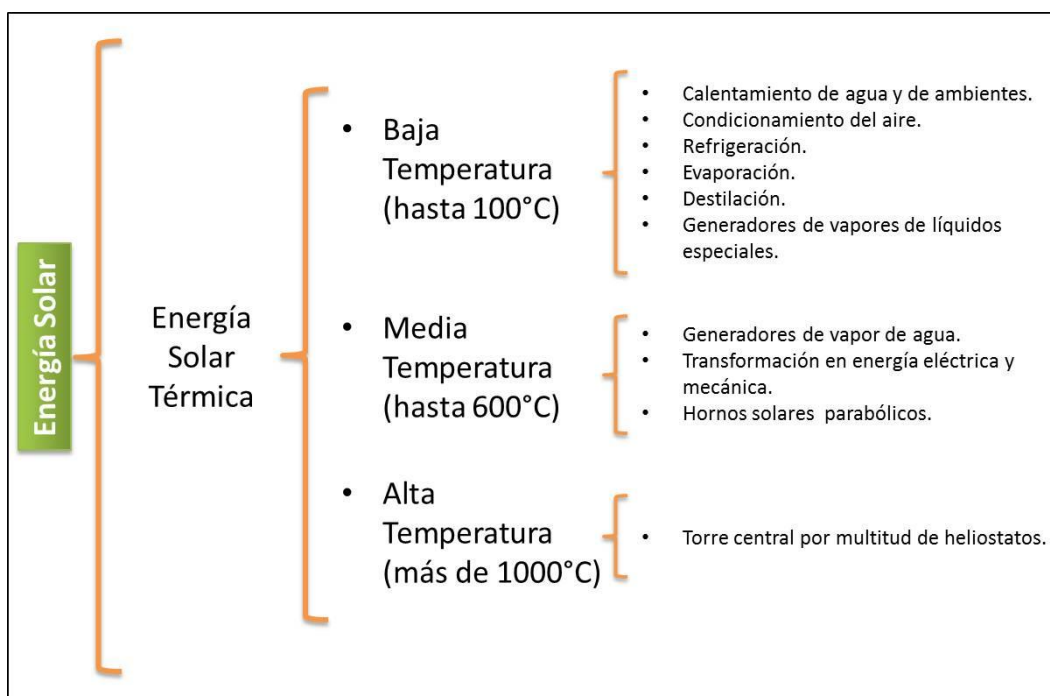
4.1.1. Energía Solar Térmica

La energía solar térmica es el aprovechamiento de la energía del sol para producir calor que pueda aprovecharse para *cocinar alimentos* o para la *producción de agua caliente destinada al consumo de agua doméstico*, ya sea agua caliente sanitaria, calefacción o para producción de energía mecánica (ORTEGA, 1999).

Este tipo de energía tiene tres posibilidades de aprovechamiento:

- Baja temperatura
- Media temperatura
- Alta temperatura

El siguiente cuadro muestra esas tres posibilidades en detalle.



Cuadro 7. Posibilidades de aprovechamiento de la energía solar térmica. Fuente: COMETTA, 1982, p. 33.

Dentro de las características del aprovechamiento de la energía solar térmica se necesitan al menos 2 elementos: Un *colector*, en donde se transforme la luz solar en el efecto deseado y un *almacén*, donde se puede tener una “reserva” del efecto deseado, este último no es tan imprescindible como el primero, ya que el colector se encargará de hacer el proceso más importante, absorber la radiación solar y transformarla en calor.

La mayoría de los sistemas de captación de la energía solar térmica se basan en el principio de *efecto de invernadero*, fenómeno que explica la conversión de los rayos incidentes solares en calor, situación que será expuesta en el siguiente ítem.

4.1.1.1. Efecto de Invernadero

El efecto de invernadero es un principio físico que se basa en lo siguiente: La radiación solar visible que atraviesa una superficie transparente o translúcida, se invierte en elevar la temperatura del elemento situado al otro lado de la misma. Cuando un cuerpo eleva su temperatura por encima de la temperatura de su entorno, emite calor en forma de radiación infrarroja (ORTEGA, 1999, p. 34).

Los materiales transparentes a la *radiación visible*⁴⁹ vidrios o plásticos, son muy poco transparentes a la radiación infrarroja. Según Ortega (1999) es por este motivo que es posible construir una trampa de calor situando una superficie negra en el interior de una caja cerrada, de manera que una de sus caras esté cubierta por un cristal o plástico transparente a la radiación visible.

Es importante tener en cuenta que ‘‘un efecto de invernadero eficiente solo es posible por debajo de los 500° C’’ (PALZ, 1981, p. 118).

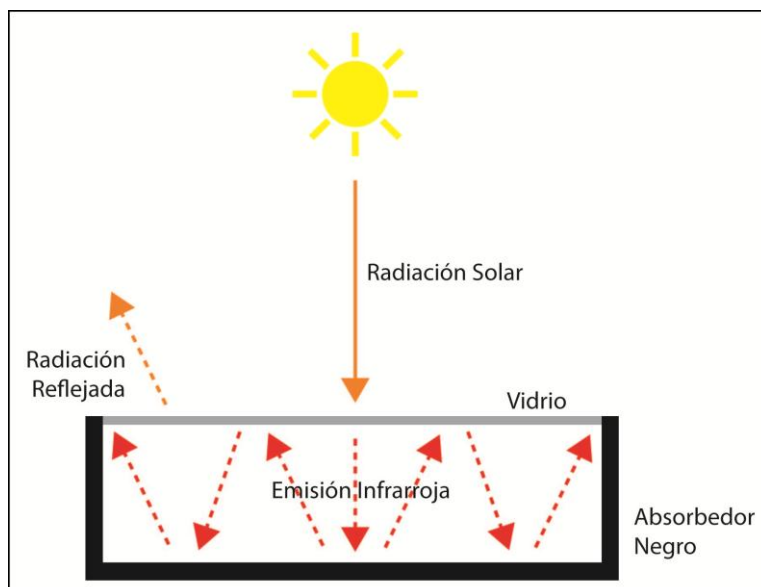


Figura 27. Efecto de Invernadero. Fuente: PALZ, 1981, p. 118.

⁴⁹ La radiación visible o global (solar) que llega a un punto sobre la superficie terrestre tiene tres componentes, la directa, la difusa y la reflejada. La *radiación directa* es la que llega sin interaccionar con nada y sin cambios de dirección; es la más importante en un día soleado. La *radiación difusa* es producto de los choques de la radiación directa con las partículas y los componentes atmosféricos; es la radiación de los días nublados. La *radiación reflejada*, llamada albedo, es la que llega procedente de la reflexión de la radiación directa en los elementos del entorno, cerca del mar o la nieve (ORTEGA, 1999, p. 34).

Entendiendo entonces este principio físico y como lo deja en claro, es necesario de un *sistema de captación* que pueda hacer la conversión de radiación solar a calor y que por ende se realice este principio de efecto de invernadero.

Existen tres tipos de sistemas de captación solar, que de hecho se clasifican en las tres opciones de aprovechamiento de energía solar térmica:

- Colectores de baja temperatura
- Colectores de media temperatura
- Colectores de alta temperatura

4.1.1.2. Colectores Solares

Un colector solar es una superficie o sistema, que expuesto a la radiación solar, permite absorber su calor y transmitirlo a un fluido. Como se explicó anteriormente existen tres tipos de colectores solares.

- Colector de Baja Temperatura:⁵⁰

Un colector de baja temperatura se caracteriza por trabajar por debajo del punto de ebullición del agua, es decir de 100° C, generalmente entre 40 y 60° C. Consta de cuatro elementos: Cubierta transparente, Placa absorbente, Aislamiento y Carcasa.

La cubierta transparente en general es formada por una lámina de cristal, lo más transparente posible. En ocasiones puede contener varias capas de cristal y evitar así pérdidas de calor. La misma debe poseer la capacidad de transmitancia (es la transparencia a la radiación).

La placa absorbente, es una placa pintada de negro para aumentar su poder de absorción y disminuir la reflexión. Debe poseer una alta capacidad de absorbancia (posibilidad de absorción de la radiación).

El aislamiento es el recubrimiento en todos los lados del colector, excepto en la parte acristalada que evita pérdidas térmicas. El material es cualquier tipo de aislante –fibra de vidrio, poliuretano, poliestireno expandido-.

⁵⁰ ORTEGA, M. Energías Renovables. Madrid: Thomson/Paraninfo, 1999. p. 35.

La carcasa o caja exterior, alberga a todos los componentes anteriores, debe ser resistente a los agentes atmosféricos.

La figura 28 muestra como es un colector solar de baja temperatura con sus cuatro componentes.

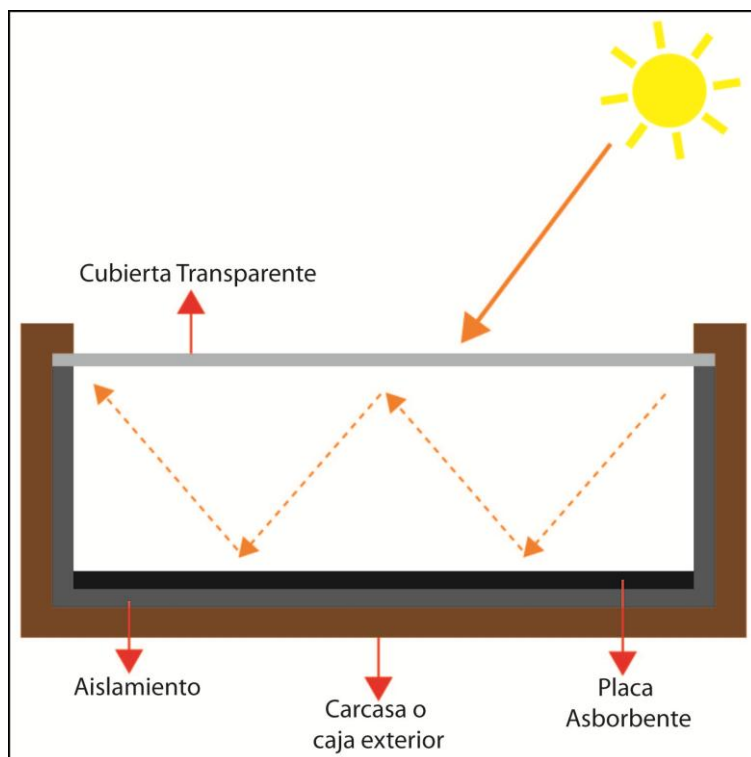


Figura 28. Partes de un colector solar térmico de baja temperatura.

Fuente: ORTEGA, 1999, p. 35.

• Colector de Media Temperatura:⁵¹

Los colectores de media temperatura tienen una captación de 100-600° C aproximadamente. Para obtener altas temperaturas es necesario recurrir a colectores especiales ya que con los planos es imposible. La finalidad de estos colectores es aumentar la radiación, la forma más común de hacer esto es a través de un sistema de seguimiento solar (orientación). Los colectores de media temperatura generalmente son de espejos de concentración parabólicos o cilindro-parabólicos. Estos colectores constan de tres partes principales: Concentrador parabólico reflectivo, Absorbedor y Sistema de seguimiento solar.

⁵¹ Ibid., p. 36.

El *Concentrador parabólico reflectivo*, es una superficie –como dice su nombre, parabólica- constituida por una lámina reflectora de vidrio recubierta de espejos u otro material que permita una alta capacidad de reflexión.

El Absorbedor generalmente es de forma cilíndrica o plana pintada de negro o recubierta con una capa de material selectivo, se encuentra en la parte de medio del concentrador.

El *Sistema de seguimiento solar* (orientación) puede ser de varios tipos: de movimiento longitudinal, de un eje, con movimiento de este a oeste, de movimiento latitudinal, de un eje, con movimiento de norte a sur y de movimiento completo, de dos ejes, puede orientarse en todas las direcciones.

La figura 29 muestra las partes de un colector de media temperatura.

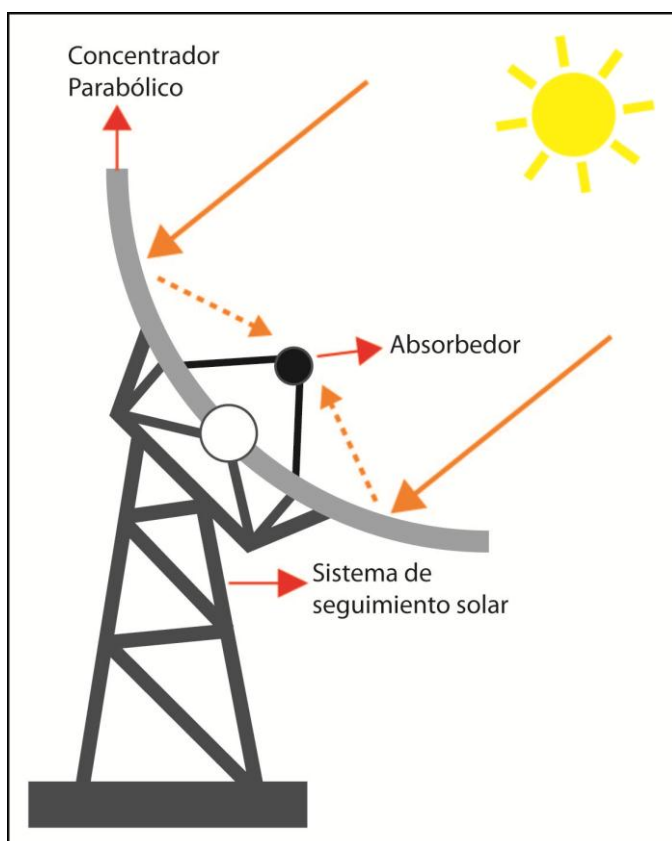


Figura 29. Partes de un colector solar térmico de media temperatura.

Fuente: ORTEGA, 1999, p. 36.

- Colector de alta temperatura:⁵²

Los colectores de alta temperatura consiguen más de 1000° C con facilidad y se basan en la concentración de la radiación solar en una torre central por multitud de heliostatos situados a su alrededor. Un heliostato es un espejo al que se ha acoplado un sistema de seguimiento de la trayectoria solar. Generalmente es utilizado para impulsar turbinas, agua y hasta la producción de electricidad a través del vapor obtenido que logra impulsar las turbinas que conectan a los generadores.

La siguiente imagen muestra un ejemplo de este colector solar.

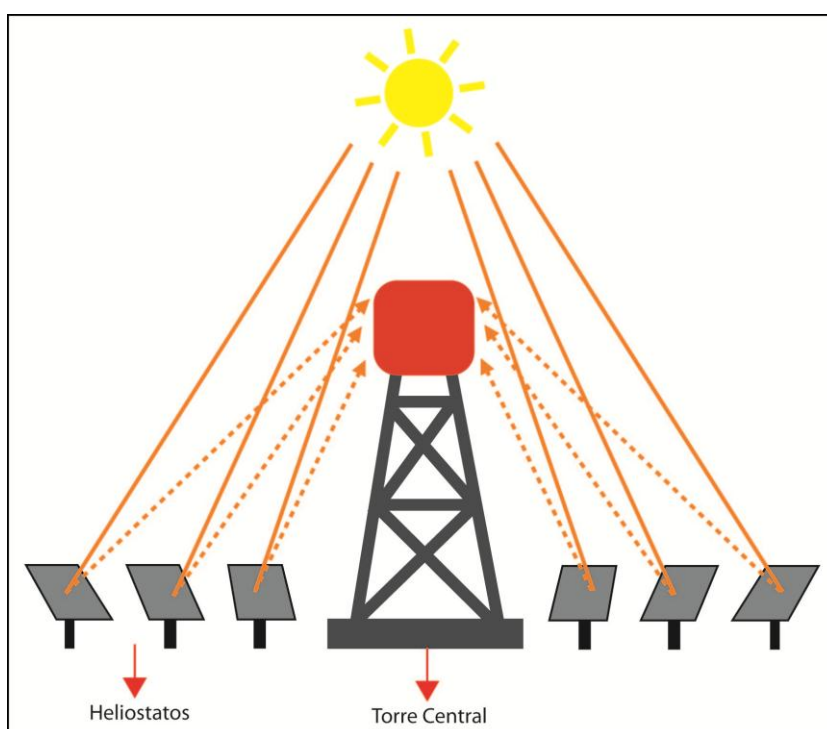


Figura 30. Partes de un colector solar térmico de alta temperatura.

Fuente: ORTEGA, 1999, p. 36.

Teniendo entonces las referencias acerca de los colectores solares térmicos dentro de las tres temperaturas, es importante ver cuáles son las aplicaciones de los colectores solares de baja y media temperatura, aclarando que de acuerdo a los objetivos del proyecto se manejarán estas dos temperaturas.

⁵² Ibid., p. 36.

4.1.1.3. Aplicación de Colectores Solares

Entre las aplicaciones de los *colectores solares térmicos de baja temperatura* están varios ejemplos como: Agua caliente sanitaria –A.C.S.- doméstica y de diversas instalaciones, Calefacción doméstica, de invernaderos, semilleros, de piscinas, etc, Destilación de agua, entre otros ejemplos.

Dentro de la investigación al tener como objetivo el desarrollo de un sistema de calentamiento de agua, evidentemente se basará funcionalmente en los sistemas comunes de A.C.S.

Las instalaciones para la obtención de A.C.S. por energía solar, constan básicamente de 4 sistemas principales:

- Sistema de captación
- Sistema de acumulación
- Sistema de utilización
- Sistema de apoyo

El *sistema de captación*, está compuesto de unos tubos o canalizaciones llenos de agua o una mezcla de agua con anticoagulante, u otro fluido caloportador que al calentarse transporta el calor a un depósito aislado para evitar pérdidas térmicas. Ese depósito es el *sistema de acumulación*, el cual debe estar aislado térmicamente (o hecho con un material con dichas características) que permitirá disponer de agua caliente en cualquier momento del día. El *sistema de utilización* es la red de agua caliente a la vivienda y el *sistema de apoyo* sirve para los días nublados en los que hay poca radiación solar, puede ser un calentador de gas o una resistencia eléctrica situada en el depósito (ORTEGA, 1999, p. 38).

Captación, acumulación, utilización y apoyo, interaccionan entre sí mediante otra serie de elementos como las conducciones o tuberías y elementos de regulación y control.

Existen varios tipos de instalaciones, sin embargo la más conocida es el *Sistema Termosifónico o Natural Directo*.

Las características fundamentales son la colocación del sistema acumulador a una altura superior al sistema de captación y que el agua de consumo es la

misma que se calienta en el colector. El agua es continuamente circulada a través del efecto de termosifón.

Este efecto es provocado por la convección por gravedad. Teniendo sol, el fluido que se calienta en el colector, comienza a subir hacia al acumulador, pues su densidad es inferior a la del fluido que no está caliente. Así la circulación continuará en cuanto el colector continúe sobre la acción de la radiación del sol. La velocidad de circulación aumenta con la intensidad de insolación (PALZ, 1981, p. 127).

El efecto de termosifón permite que la circulación del agua funcione sin requerir una bomba o algún dispositivo de regulación. La circulación de agua de los colectores al sistema de acumulación es interrumpida automáticamente cuando por cualquier razón la temperatura del agua en la salida de los colectores es igual o inferior al del sistema de acumulación (COMETTA, 1982, p. 53).

Para que estos sistemas termosifónicos funcionen es necesario que “el borde superior del panel solar esté por lo menos a 50-60 cm debajo de la entrada del agua caliente en el sistema de acumulación” (COMETTA, 1982, p. 55).

En caso de insolación, el agua podría entrar en ebullición, pero esto no constituye un riesgo debido a que posee un tubo respirador en el sistema de acumulación, que permite evacuar la presión del agua generada por el exceso de calor. La figura 31 muestra como son los sistemas de A.C.S y el funcionamiento del principio de termosifón.

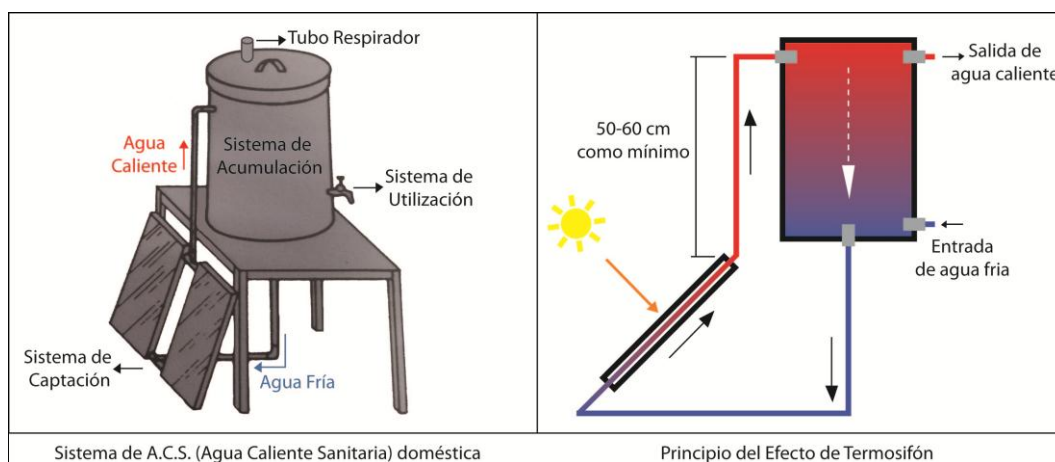


Figura 31. Esquema del sistema de A.C.S. y principio de efecto de termosifón. Fuente: PALZ, 1981, p. 127-128.

Ahora entre las aplicaciones de los *colectores solares térmicos de media temperatura*, los ejemplos que se encuentran son los siguientes: Hornos solares, Generadores de vapor y Transformación de energía eléctrica y mecánica.

El ejemplo a tomar de cómo aplicar los colectores de media temperatura y de acuerdo con las características de la investigación son los Hornos solares, a pesar de que no se desarrollará como tal un sistema de cocción, es importante saber su funcionamiento para tenerlo en cuenta en los trabajos futuros.

Para lograr las temperaturas aptas para generar una cocción es necesario aumentar la radiación solar. Para esto es necesario como justamente explican las características de los colectores solares de media temperatura, un sistema de seguimiento solar junto con materiales que permitan una alta reflectancia.

Algunos ejemplos de prototipos de hornos solares son los siguientes:

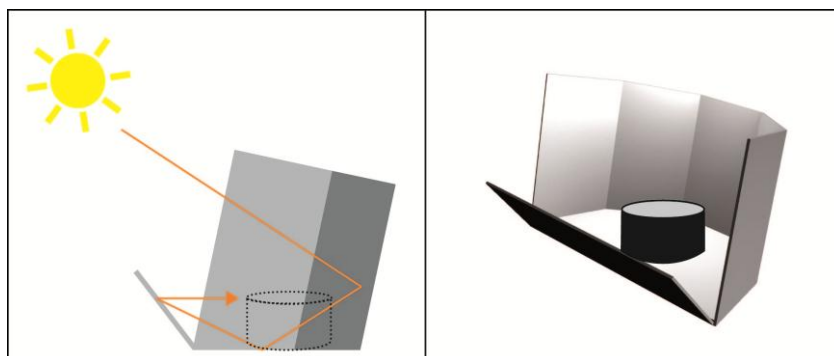


Figura 32. Horno solar de panel. Fuente: PALZ, 1981, p. 156.

Estos hornos sencillos son hechos desde cartón con papel aluminio o ya más desarrollados con láminas de aluminio o pedazos de espejos unidos entre si generando las angulaciones necesarias para una mejor concentración de calor. Dentro del panel es expuesta una olla pintada de negro en el exterior para generar más absorbancia.

Otros ejemplos como el horno parabólico, logra generar una mejor radiación debido al sistema de seguimiento solar que posee, logrando tener movimientos completos, de dos ejes, consiguiendo una orientación tanto latitudinal como longitudinal.

Un último ejemplo mostrado es el horno solar de caja, el cual se construye a través de superficies de madera que forman justamente una caja. Dentro de ella todas sus caras son reflectivas, excepto el fondo que está pintado de negro. Es

tapada con vidrio para generar el efecto de invernadero y en la parte superior posee otra superficie inclinada, con bisagras y con materiales reflectivos, permitiendo así la reflexión de la radiación solar hacia la caja. Pueden alcanzar temperaturas entre 120°C y 160°C (CEDESOL, *Centro de Desarrollo en Energía Solar*).

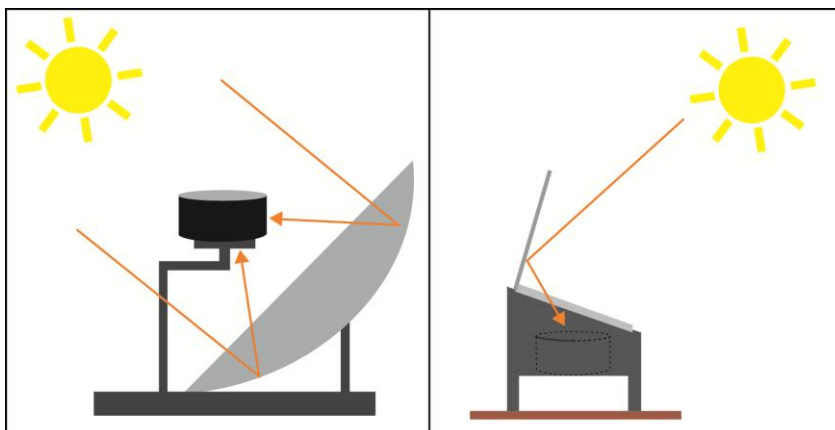


Figura 33. Izquierda: Horno solar parabólico. Derecha: Horno solar de caja. Fuente: CEDESOL, Centro de Desarrollo en Energía Solar, 2014.

Estos ejemplos presentados en las maneras de aplicar los colectores solares de baja y media temperatura serán referencias claves tanto formales como funcionales en el desarrollo del sistema de calentamiento de agua solar.

Finalizando entonces con la primera parte de este capítulo, se aclara que cada punto de esta fundamentación sobre energía solar será clave al momento de abordar las experiencias y el diseño final del sistema de calentamiento de agua solar. La toma de decisiones será basada de acuerdo a esta fundamentación teórica, que al recorrer toda esta segunda parte del capítulo se retomarán algunos puntos de todo este estudio sobre energía solar térmica.

Se aclara que esta toma de decisiones originalmente también deberían ser aportadas por la población de Sampaio Corrêa, de acuerdo al proceso participativo propuesto en el Capítulo dos, sin embargo como ya fue explicado, los alcances de la investigación solo permitirán que las decisiones dentro del diseño del Sistema se aborden solamente a través de esta fundamentación teórica sobre energía solar y el grupo de Diseño, dejando la toma de decisiones y la participación como tal de la población para futuros trabajos, donde en el capítulo cinco se mostrará hipotéticamente como sería ese proceso.

4.2. Experimentaciones

Estas experimentaciones fueron abordadas a lo largo de casi dos años, siendo realizadas exactamente en las instalaciones de la PUC-Rio.

Estas no fueron realizadas dentro de la población de Sampaio Corrêa debido a que los alcances de la investigación tanto económicos como los relacionados al corto tiempo que implica una maestría, impidieron que las experiencias no se pudieran realizar, dejando esto para futuros trabajos, donde técnicamente realizarlas dentro de la población hace parte del proceso participativo propuesto en esta investigación, más exactamente en el Capítulo dos.

Fueron hechas tanto en invierno como en verano, con la finalidad de comprender el comportamiento de los materiales y el sistema como tal en las dos estaciones, verificando la viabilidad y funcionamiento, especialmente en la época de invierno. Estas experiencias fueron divididas en dos partes, una inicial y la otra final. Dentro de las experimentaciones iniciales, se abordaron todos los experimentos simples acerca del entendimiento de algunos materiales naturales hallados en el distrito de Sampaio Corrêa en el municipio de Saquarema, R.J, situación que fue abordada en el capítulo anterior.

De igual forma dentro de estas experiencias iniciales se realizaron experimentos para comprender ciertos principios físicos fundamentales como el efecto de invernadero y el entendimiento de la reflectancia.

Ya en la experimentación final se abordó todo el desarrollo del Sistema de calentamiento de agua solar, mostrando en esta segunda parte del subcapítulo, la relación con la fundamentación teórica sobre energía solar, esquemas básicos, procesos, montaje y finalmente las experiencias del Sistema ya montado junto con la energía solar, analizando su funcionamiento.

4.2.1. Experimentación Inicial

4.2.1.1. Selección de materiales y principios físicos

Como fue visto en el capítulo anterior, dentro del distrito de Sampaio Corrêa, se encontraron los siguientes materiales:

- Barro
- Arena

- Fibras naturales como coco y sisal
- Hierba de elefante o pasto de napier seco
- Hojas secas de palmera de coco y bananeras
- Diente de león
- Bambú
- Cascara de arroz

Dentro de las experiencias solo fueron seleccionados el barro, la arena, las fibras naturales y la cáscara de arroz, incorporando la lana –este último simplemente por lograr un soporte en el entendimiento sobre el aislamiento térmico-.

Cada uno de estos materiales presentan ciertas características técnicas, de adquisición y económicas adecuadas, en relación a este tipo de experiencias con energía solar. Es importante conocer entonces cada una de las características de los materiales seleccionados.

El *barro o tierra cruda*, es uno de los materiales de construcción más antiguos, se encuentra en casi todas las partes del planeta, además de ser económico, debido a que es reutilizable. Es fácil de procesar y tiene la capacidad de ser un *aislante térmico*⁵³ es decir se caracteriza por su alta resistencia térmica, lo cual establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura, impidiendo que entre o salga calor, al igual que con el frío.

En este caso, donde hay una gran insolación, el calor puede entrar sin embargo las características del material permiten que permanezca por largo tiempo y no salga con facilidad. Sin embargo la aislación térmica en el barro depende del espesor que se maneje, entre más ancho y con gran grosor se demorará más en calentarse, por ende mantendrá por mucho más tiempo altas temperaturas y su proceso de enfriamiento será más demorado, por el contrario entre menos espesor tenga se calentará con rapidez y de igual forma se enfriará rápidamente.

⁵³ Información complementar sobre la *aislación térmica* en el capítulo tres, página 67.

Para comprobar esto se hizo un análisis de temperatura de 3 piezas de barro con espesores diferentes, esto con el fin de entender el comportamiento de cada una de las piezas y como en realidad el espesor influenciaba en su calentamiento.

La siguiente tabla muestra las temperaturas obtenidas junto con las gráficas de cada uno de los análisis.

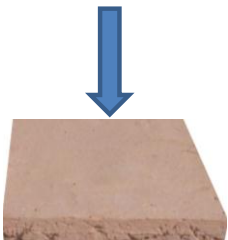




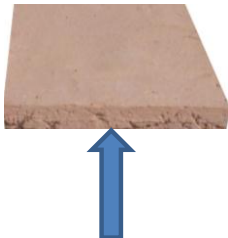




Medición Noviembre 2013 Finalizando la primavera				12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
TEMPERATURA SUPERIOR DE LA PIEZA			Temperatura Ambiente	35.8 °C	34 °C	32 °C	29.9 °C
			Pieza 3 cm	43.2 °C	54.3 °C	47.4 °C	32.9 °C
			Pieza 2 cm	41.7 °C	45.7 °C	44.6 °C	33.5 °C
			Pieza 1 cm	40.1 °C	47.1 °C	44.7 °C	33.6 °C
TEMPERATURA INFERIOR DE LA PIEZA			Temperatura Ambiente	35.8 °C	34 °C	32 °C	29.9 °C
			Pieza 3 cm	43.4 °C	50.6 °C	42.3 °C	33.4 °C
			Pieza 2 cm	37.9 °C	45.9 °C	40.6 °C	30.5 °C
			Pieza 1 cm	40.4 °C	44.9 °C	42.9 °C	30.8 °C

Tabla 1. Temperaturas obtenidas en tres piezas de barro, con diferente espesor para el entendimiento de la aislación térmica en el barro. Fuente: Propia.

En este análisis se utilizaron tres piezas de 20x20 cm con espesores de 3cm, 2cm y 1 cm. Fueron utilizados dos tipos de termómetros, uno de sonda que tomó la temperatura ambiental y otro de láser, que tomó la temperatura en la superficie de cada una de las piezas, tanto superior como inferior. Se pudo observar que la pieza de 3cm obtuvo las temperaturas más altas y por ende su enfriamiento fue más demorado. Esto sucede porque entre más espesor permite una mayor concentración de calor, ya que hay más material para distribuirlo y como el calor no sale con facilidad si no que permanece, se va acumulando más y al final se elevan las temperaturas.

En la siguientes graficas es posible ver como fue el comportamiento de las tres piezas, observando una diferencia entre la pieza de 3cm y las piezas de 2 y 1cm, donde su comportamiento fue muy similar. Las temperaturas en la parte superior de las piezas fueron un poco más altas que en la inferior, sin embargo la diferencia fue mínima.

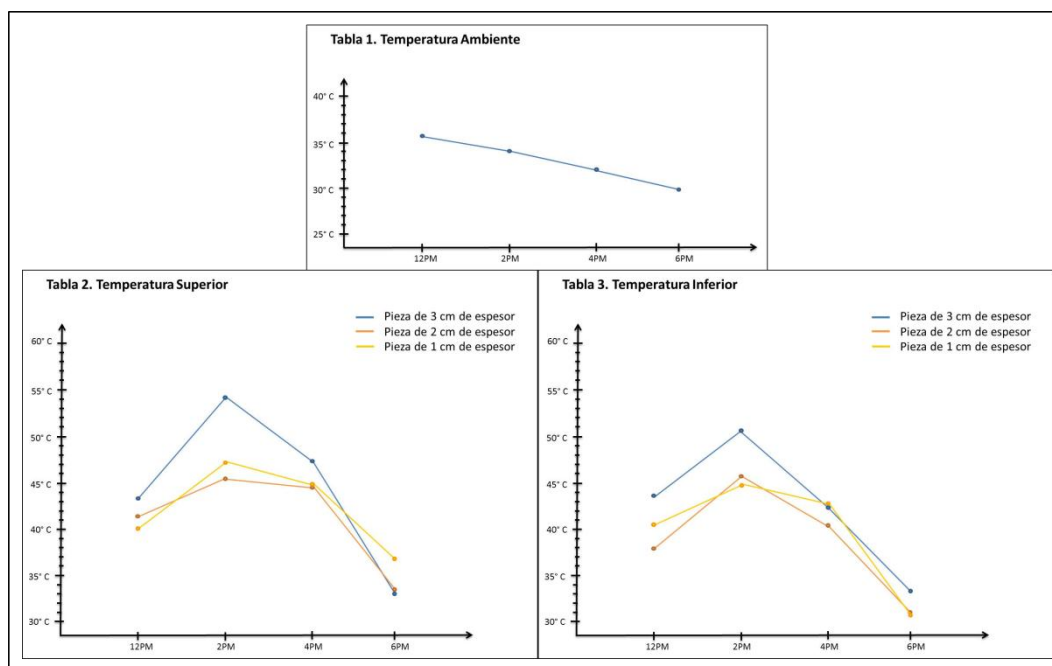


Figura 34. Gráficas de análisis de temperaturas en el comportamiento de tres piezas de barro de distinto espesor. Fuente: Propia.

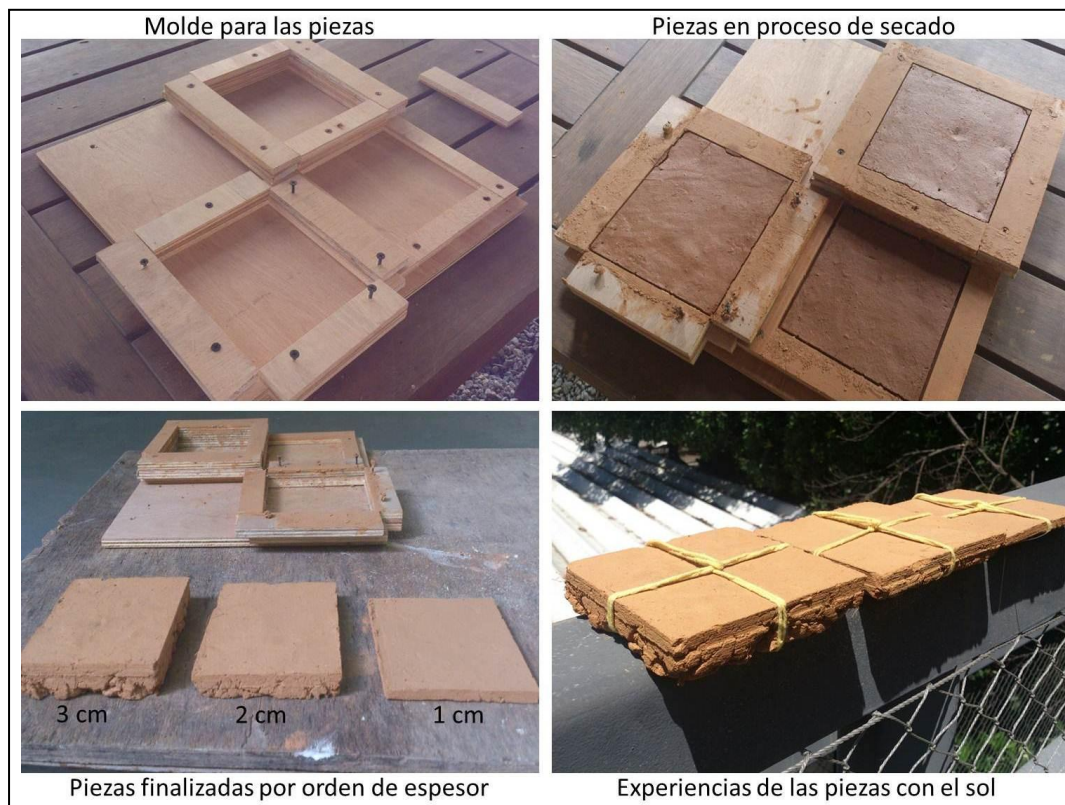


Figura 35. Proceso y experiencia solar de las piezas de barro. Fuente: Propia.

Ahora en cuanto a las características de la *arena*, esta posee interesantes capacidades caloríficas debido a que el componente más común de la misma es la sílice, que es un compuesto del silicio y el oxígeno. El silicio por ende es un semiconductor de la temperatura y los rayos incidentes, incluyendo también el campo eléctrico y la presión. Un ejemplo de esto son los paneles solares fotovoltaicos, los cuales están compuestos de celdas o células fotovoltaicas, que transforman la energía solar en eléctrica. Las celdas fotovoltaicas generalmente son hechas de silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo. Estas celdas de silicio son el componente semiconductor de la radiación solar en los paneles (ORTEGA, 1999).

De esta manera la arena es otro de los materiales que de acuerdo a sus características se presta para un mejor aprovechamiento de la radiación solar, dentro de los experimentos se analizará que tan funcional o no es su composición de silicio.

Continuando con los siguientes materiales seleccionados, las *fibras naturales*, ‘‘son indispensables en este tipo de experimentos debido al comportamiento eficiente que tienen estas en la combinación con la tierra cruda’’

(BETIM, 2008, p. 148). Esta mezcla entre fibras y barro es llamado *fibrobarro*⁵⁴. De esa manera para hacer construcción en barro es imprescindible el uso de fibras para permitir una mejor estructura y por ende evitar el rompimiento de las construcciones hechas con tierra cruda.

Según Betim (2008) cabe aquí establecer la importancia en la escogencia de las fibras a ser utilizadas en los experimentos en fibrobarro. Se parte del concepto de que se deben hacer uso primordialmente de los materiales que se encuentran en la zona. Sin embargo ‘‘se percibe que algunas fibras naturales tienen un comportamiento más eficiente en la combinación con la tierra cruda’’ (BETIM, 2008, p. 148).

Algunas de las fibras encontradas en la zona estudiada –analizado esto en el capítulo anterior- fueron fibras de coco y sisal. Estas fibras junto con el algodón ‘‘no poseen procesamientos químicos y responden de manera positiva en la asociación con la tierra cruda. Absorben bien la humedad y consecuentemente las partículas de la tierra, de esa manera hacen un entrelazado junto con el barro o la tierra’’ (BETIM, 2008, p. 148).

Las fibras de sisal son utilizadas con fines comerciales, donde fabrican generalmente cuerdas, sacos, telas y tapetes. En Brasil - actualmente el mayor productor y exportador del mundo- crece en pequeños fundos y la fibra se extrae por grupos a mano usando raspadores manuales. La mejor calidad de sisal está en función de la longitud, resistencia y color de la fibra. Es una planta propia de regiones tropicales y subtropicales, beneficiándose la producción con temperaturas superiores a los 25°C y mucho sol.

⁵⁴ El *fibrobarro* es un nombre concedido para responder a un material compuesto de barro o tierra cruda con grandes cantidades de fibras naturales. Este nombre deriva de una serie de investigaciones y experimentos realizados en el LILD (Laboratorio de Investigación en Living Design de la PUC-Rio) que incorporan conocimientos tradicionales de construcción y técnicas utilizadas generalmente en el laboratorio. Este material surge gracias a un proyecto de maestría en 2001 y pasó a ser empleado constantemente en los experimentos y construcciones, principalmente con el fin de garantizar un sellamiento en los espacios de la tierra cruda y dar una mejor calidad a las construcciones con este material (BETIM, 2008, p. 147).

En los experimentos solo se hará uso del sisal, debido a la fácil disponibilidad de la fibra en Brasil, además de presentar un óptimo asociamiento con la tierra cruda.

La *cascara de arroz*, al igual que la arena, posee un porcentaje de sílice (20%), el cual es compuesto de silicio y oxígeno. Como ya fue explicado anteriormente, el silicio es un semiconductor de la temperatura y la radiación solar, de esa manera se quiso utilizar este material debido a sus óptimas características caloríficas y aprovechamiento de la radiación.

La *lana*, como último material seleccionado, es otro que posee características de aislación térmica, además de ser natural, es muy resistente y un potente regulador de humedad, hecho que contribuye enormemente en el confort interior de los edificios. De igual manera que el barro o tierra cruda, al tener estas condiciones térmicas capta ciertas cantidades caloríficas que permanecen un buen tiempo en el material, impidiendo que tenga salidas de la temperatura almacenada.

Para finalizar, los principios físicos seleccionados que fueron desarrollados en estas experiencias, son: el *efecto de invernadero* y la *reflectancia*.

Estos dos principios son fundamentales en el desarrollo de colectores de baja y media temperatura consecuentemente, situación que fue explicada anteriormente en el ítem, Colectores Solares.

Cada uno de estos principios son estrategias para incrementar el calentamiento y la incidencia solar. En el caso del efecto de invernadero – como ya fue explicado en detalle anteriormente- su objetivo es evitar pérdidas caloríficas aumentando lógicamente el calentamiento. En el caso de la reflectancia, esta tiene por objetivo aumentar la incidencia solar por una superficie brillante, convirtiendo esta incidencia en términos caloríficos. La figura 36 muestra la radiación en una superficie.

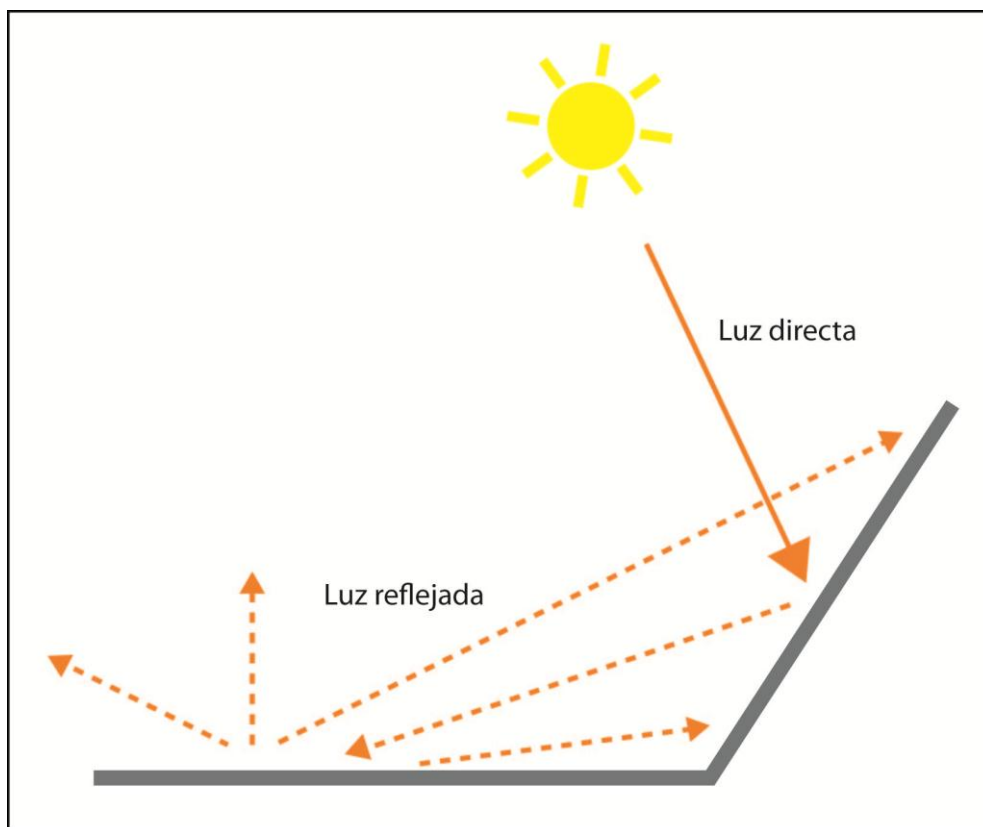


Figura 36. Radiación incidente sobre una superficie reflectiva. Fuente: CASANOVA; BILBAO, 1993, p. 135.

Teniendo entonces la reunión de estos cinco materiales junto con estos dos principios físicos, se realizaron las experiencias junto con el aprovechamiento de la energía solar, permitiendo un entendimiento de cada experimento de sus características térmicas e identificando cuál de ellos presentan los mejores comportamientos para así definir qué características debe presentar el sistema de calentamiento de agua solar que fundamenta esta investigación.

4.2.1.2. Experimentos

Fueron realizadas *cuatro experiencias* de forma simple, cada una fue compuesta de varios experimentos donde cada uno contaba con un pequeño recipiente de agua para entender su comportamiento junto con el sol y permitiendo de igual manera una definición de que material podría funcionar en las siguientes experiencias y por ende en la definición formal y funcional del sistema.

La *primera experiencia* estaba compuesta de seis experimentos que se presentan en el siguiente cuadro.

Experimento	Objetivo
Experiencia 1	1. Caja con superficie de papel aluminio → Comprender el comportamiento de la reflectancia en el material.
	2. Pieza de barro de 25x25cm mezclado con papel → Comprender de qué manera funciona el aislamiento térmico y como este se comporta con la exposición solar.
	3. Pieza de barro de 25x25cm mezclado con arena → Mismo objetivo del anterior.
	4. Caja de arena → Entender de qué manera se comporta el silicio que compone la arena siendo este un semiconductor de la temperatura y la radiación solar.
	5. Caja negra con vidrio en la parte superior → Comprender el funcionamiento del principio de efecto invernadero.
	6. Bola de plástico → Entender como los polímeros translúcidos interfieren o no en los procesos térmicos.

Cuadro 8. Primera experiencia realizada junto con los objetivos de los seis experimentos. Fuente: Propia.

Todos los experimentos fueron puestos en las mismas condiciones, con misma cantidad de agua en los pequeños recipientes que estaban sobrepuestos en ellos, pero en diferentes horas. Esta primera experiencia fue realizada en las instalaciones de la PUC-Rio.

Así, esta primera experiencia fue desarrollada de la siguiente manera. Las piezas de barro fueron las primeras en ser expuestas, luego la caja de arena, seguido de la caja de aluminio y la caja negra con vidrio, y ya el último experimento en ser expuesto fue la bola plástica.

La figura 37 muestra en detalle cómo se realizó la primera experiencia.



Figura 37. Primera experiencia, mostrando los seis experimentos y detalles de toda la experimentación. Fuente: Propia.

Sin embargo, los resultados después de una exposición de cuatro horas, aclarando que fue realizado finalizando el otoño, mostraron los siguientes datos:

Experimento	Hora de Inicio	Temperatura Ambiente	Temperatura Material	Temperatura Recipiente Agua	Clasificación por Resultados
Pieza de barro de 25x25cm mezclado con papel	11:00 a.m.	29 °C	35 °C	34 °C	Caja negra con vidrio en la parte superior
Pieza de barro de 25x25cm mezclado con arena	11:00 a.m.	29 °C	35 °C	34 °C	Caja de aluminio
Caja de arena	11:15 a.m.	29 °C	36 °C	39 °C	Caja de arena
Caja de aluminio	11:40 a.m.	30 °C	37 °C	39 °C	Bola de plástico
Caja negra con vidrio en la parte superior	11:40 a.m.	30 °C	39 °C	40 °C	Pieza de barro de 25x25cm mezclado con papel
Bola de plástico	11:50 a.m.	30 °C	36 °C	38 °C	Pieza de barro de 25x25cm mezclado con arena

Tabla 2. Resultados obtenidos de la primera experiencia. Fuente: Propia.

De esa manera puede verse en la tabla que los mejores resultados fueron obtenidos por la caja negra con vidrio y los peores por las piezas de barro, esto demuestra que el principio de efecto invernadero puede ser muy eficiente como estrategia para incrementar el calor. Sin embargo en esos experimentos quien influyó más en el calentamiento del agua fue el sol y no el material. De igual manera se presentaron algunas burbujas en el agua.

La *segunda experiencia* fue realizada en las instalaciones de la PUC-Rio nuevamente y se compuso en esta ocasión de tres experimentos.

Experimento		Objetivo
Experiencia 2	1. Caja grande con cáscara de arroz	Comprender el comportamiento de la cáscara de arroz, teniendo en cuenta que esta posee cantidades de silicio, siendo este un semiconductor de la temperatura y la radiación solar.
	2. Caja pequeña con cáscara de arroz con recipiente al interior	Mismo objetivo del anterior.
	3. Caja pequeña de arena con recipiente al interior	Entender de qué manera se comporta el silicio que compone la arena.

Cuadro 9. Segunda experiencia realizada junto con los objetivos de los tres experimentos. Fuente: Propia.

El primer experimento en ser colocado fue la Caja grande con cascara de arroz, a continuación fue la Caja pequeña con cascara de arroz y unos minutos después fue colocada la Caja pequeña de arena. En este experimento se quería entender y observar si en realidad el silicio –que compone la cascara de arroz y la arena- si generaría la suficiente conductividad de temperatura y radiación solar para calentar los recipientes de agua. A continuación la tabla 3 muestra los resultados obtenidos en la segunda experiencia.

Experimento	Hora de Inicio	Temperatura Ambiente	Temperatura Material	Temperatura Recipiente Agua	Clasificación por Resultados
Caja grande con cascara de arroz	11:10 a.m.	29 °C	40 °C	37 °C	Caja grande con cascara de arroz
Caja pequeña con cascara de arroz	11:45 a.m.	29 °C	32 °C	39 °C	Caja pequeña de arena
Caja pequeña de arena	12:10 p.m.	30 °C	31 °C	37 °C	Caja pequeña con cascara de arroz

Tabla 3. Resultados obtenidos de la segunda experiencia. Fuente: Propia.

Cabe resaltar, que en esta experiencia tanto la caja pequeña de arena junto con la de cascara de arroz, sus recipientes de agua estaban en el interior del material, con el fin de observar si el calentamiento era producido directamente por el sol o el material si influía en el proceso, sin embargo, al ver las temperaturas obtenidas ninguno de los experimentos tuvo resultados importantes y el material no permitió alcanzar las temperaturas esperadas y en el caso de la Caja grande con cascara de arroz nuevamente fue el sol quien influyó en el calentamiento.

La figura 38 muestra cómo fue realizada la segunda experiencia.



Figura 38. Segunda experiencia, mostrando los tres experimentos y detalles de la experimentación. Fuente: Propia.

La *tercera experiencia* se compuso por tres experimentos nuevamente, Bola de plástico con lana, Caja de cascara de arroz y de Arena con un recipiente tanto en el interior como en el exterior, en cada una de las cajas. La experiencia fue realizada en las instalaciones de la PUC-Rio.

	Experimento		Objetivo
Experiencia 3	1. Bola de plástico con lana	→	Comprender de que manera se comporta la lana expuesta al sol, siendo esta, un material con capacidad de aislación térmica .
	2. Caja con cáscara de arroz con recipiente al interior y exterior	→	Comprender el comportamiento de la cáscara de arroz, teniendo en cuenta que esta posee cantidades de silicio, siendo este un semiconductor de la temperatura y la radiación solar.
	3. Caja con arena con recipiente al interior y exterior	→	Entender de qué manera se comporta el silicio que compone la arena.

Cuadro 10. Tercera experiencia realizada junto con los objetivos de los tres experimentos. Fuente: Propia.

En este experimento se quiso observar y entender el comportamiento de la lana como material de aislación térmica y de qué manera captaba la incidencia solar y conservaba el calor.

En cuanto a los experimentos de las cajas de cascara de arroz y arena, fueron colocados dos recipientes en cada caja, uno en el interior y otro en el exterior, de manera que se pudiera observar la diferencia de temperaturas y así se podía confirmar si el material o el sol influían en su calentamiento, de la misma forma fue ubicado un vidrio entre las dos cajas para aumentar las temperaturas con ayuda del ‘‘efecto de invernadero’’.

Los resultados obtenidos mostraron que definitivamente los recipientes en el exterior tuvieron un mejor comportamiento que los del interior. El material no influyó en su calentamiento y por ende las temperaturas fueron bajas, aún con la estrategia de mantener el vidrio encima no aumentaron las temperaturas.

Experimento	Hora de Inicio	Temperatura Ambiente	Temperatura Material	Temperatura Recipiente Agua	Clasificación por Resultados
Bola de plástico con lana	12:10 p.m.	30 °C	35 °C	40 °C	Bola de plástico con lana
Caja de cascara de arroz recipiente interior	01:20 p.m.	31 °C	37 °C	32 °C	Caja de cascara de arroz recipiente exterior
Caja de cascara de arroz recipiente exterior				39 °C	Caja de arena recipiente exterior
Caja de arena recipiente interior	01:20 p.m.	31 °C	38 °C	33 °C	Caja de cascara de arroz recipiente interior
Caja de arena recipiente exterior				38 °C	Caja de arena recipiente interior

Tabla 4. Resultados obtenidos de la tercera experiencia. Fuente: Propia.

El sol nuevamente influyó en los tres experimentos, la lana, al parecer, logró que la bola de plástico tuviera una temperatura de 40 °C, sin embargo el material no influyó mucho en su calentamiento. Los resultados de las cajas de cascara de arroz y arena fueron muy negativos, en especial las que se encontraban en el interior. De esta manera se pudo concluir que el uso tanto de la arena como de la cascara de arroz quedan descartados en las próximas experiencias.

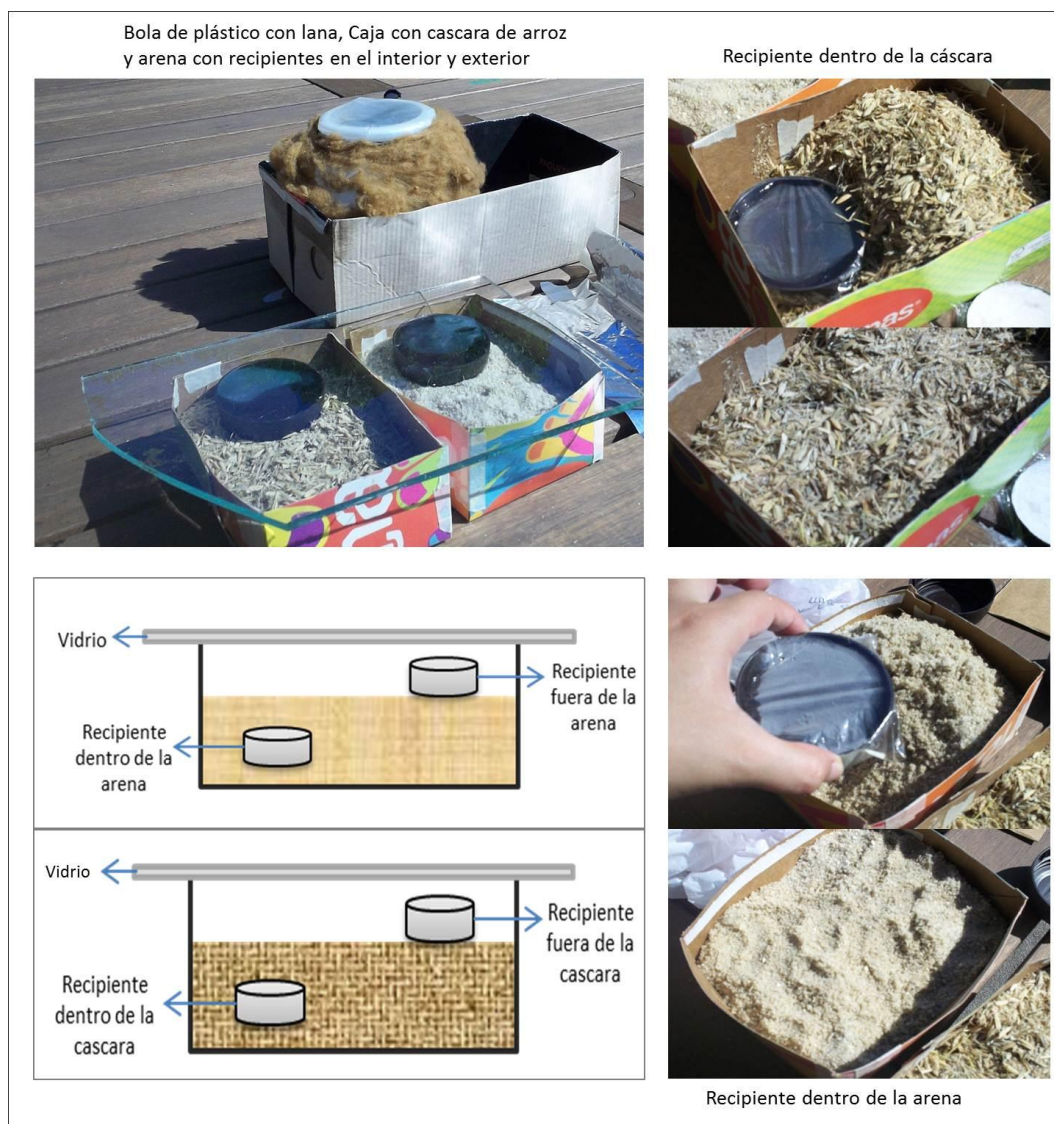


Figura 39. Tercera experiencia, mostrando detalles de la experimentación. Fuente: Propia.

La cuarta y última experimentación de esta etapa inicial, fue el desarrollo de una cúpula (forma parabólica) pequeña de 20cm de diámetro, hecha con fibrobarro y haciendo el uso del principio de efecto invernadero pintada en el interior de negro y un vidrio en la parte superior, cubriéndola. Esta experiencia nuevamente fue realizada en las instalaciones de la PUC-Rio.

El objetivo era comprender como era el comportamiento de la tierra cruda en un formato parabólico, teniendo como referencia una unión entre los colectores de baja temperatura –haciendo uso del efecto de invernadero- y de media temperatura –utilizando la forma parabólica-.

La siguiente imagen muestra cómo fue desarrollado el experimento.



Figura 40. Cuarta experiencia, mostrando detalles del desarrollo de la experimentación. Fuente: Propia.

En este experimento se pudo observar un aumento en las temperaturas, tanto del material como del agua. Esto demuestra que tanto la forma, como el barro y el efecto de invernadero ayudaron en el aumento y conservación de los efectos caloríficos.

La tabla 4 muestra las temperaturas obtenidas en esta experimentación.

Experimento	Hora de Inicio	Temperatura Ambiente	Temperatura Material	Temperatura Recipiente Agua
Cupula pequeña de fibrobarro	11:30 p.m.	31 °C	48 °C	42 °C

Tabla 4. Resultados obtenidos de la cuarta experiencia. Fuente: Propia.

De todas estas cuatro experiencias, esta última fue la que presentó mejores resultados, además de ser la única donde el material y las técnicas usadas influyeron en su calentamiento y no el sol, como en todas las anteriores, esto demuestra que a pequeña escala se lograron resultados importantes, lo que permite realizar este mismo experimento pero en una escala mayor.

Finalizando entonces esta experimentación inicial, se pudo observar como pequeños experimentos permitieron entender el comportamiento de materiales naturales y principios físicos, donde unos fueron más eficientes que otros.

Las conclusiones que se obtuvieron y que por ende serán referencia en la siguiente experimentación fueron las siguientes:

- Forma parabólica en la construcción del colector, para permitir una mejor conservación de calor.
- Aprovechamiento del efecto de invernadero en el colector.
- Uso del fibrobarro para permitir una inercia térmica -propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo-, además de tener una ‘gran capacidad calorífica que puede usarse como almacén térmico’ (CASANOVA; BILBAO, 1993, p. 329).

De esta manera teniendo estas tres características se realizará la experimentación final y que por ende es el inicio del desarrollo del Sistema de calentamiento de agua solar.

4.2.2. Experimentación Final

4.2.2.1. Diseño de Sistema de calentamiento de agua solar

Iniciando entonces la experimentación final, acá se mostrará todo el desarrollo del Sistema, desde sus características formas y funcionales respecto a la fundamentación teórica, pasando por todo el proceso y montaje y finalizando con las experiencias en relación a la exposición solar.

Así pues es importante ver cuáles son las características que de acuerdo a la fundamentación en energía solar, vista en el subcapítulo 4.1, el sistema de calentamiento de agua solar debe poseer.

4.2.2.1.1 Relación con la fundamentación en energía solar

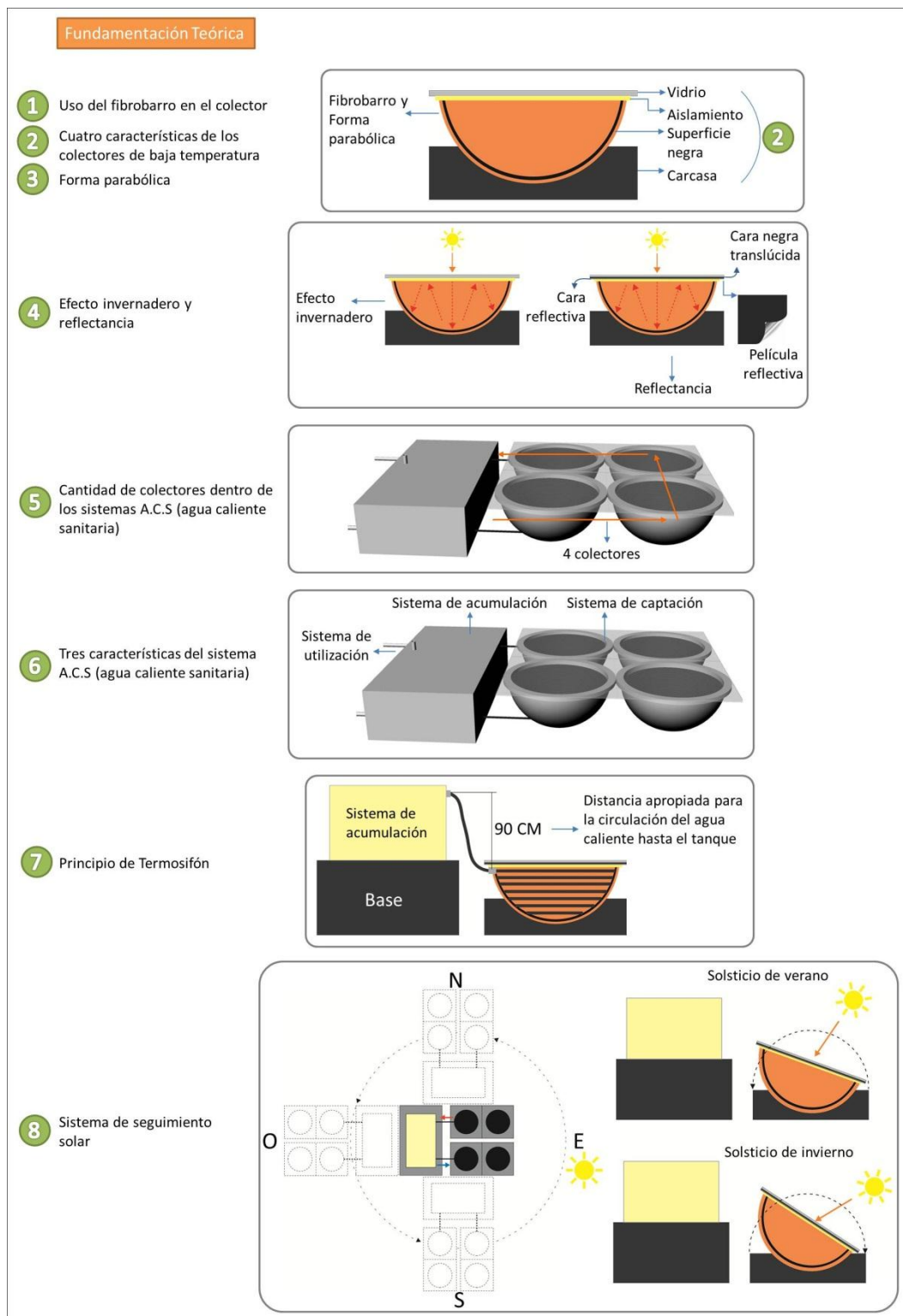
A partir de toda la fundamentación teórica realizada al iniciar este capítulo se identificaron siete puntos los cuales se tendrán en cuenta en el diseño del sistema. En el siguiente cuadro se muestran esas siete características junto con el porqué de su implementación.

Características	Porqué
1. Uso del fibrobarro como material principal en el colector	Material con gran capacidad calorífica, que puede usarse como almacén térmico. Permite una gran inercia térmica conservando el calor por más tiempo.
2. Cuatro características principales de los colectores de baja temperatura	Placa absorbente (superficie pintada de negro), Cubierta transparente (vidrio), Aislamiento (evitar pérdidas caloríficas por ventilación e infiltración) y Carcasa o caja exterior.
3. Forma parabólica, referencia de los colectores de media temperatura	La forma parabólica permite una mayor concentración de calor, evitando pérdidas térmicas.
4. Principios de efecto invernadero y reflectancia	Cada uno de estos principios son estrategias para incrementar el calor en los colectores solares. El efecto de invernadero es utilizado en colectores de baja temperatura y la reflectancia en colectores de media temperatura.
5. Cantidad de colectores dentro de los sistemas A.C.S (agua caliente sanitaria)	Serán necesarios 4 colectores, como estrategia para aumentar la temperatura del agua al hacer el recorrido dentro del sistema.
6. Tres de las cuatro características del sistema A.C.S (agua caliente sanitaria)	Sistema de captación (colectores solares), Sistema de acumulación (tanque de almacenamiento) y Sistema de utilización (red de salida de agua caliente).
7. Principio de Termosifón producido en los sistemas de A.C.S.	Este efecto es provocado por la convección por gravedad, es decir el agua irá circulando en todo el sistema gracias a la presión del vapor del agua que va calentando, la velocidad de circulación aumenta con la intensidad de insolación.
8. Sistema de seguimiento solar de los colectores de media temperatura	Permitir que los colectores posean un sistema de seguimiento solar tanto longitudinal (movimiento este a oeste) como latitudinal (movimiento norte a sur), de tal manera se pueda aprovechar mucho más la radiación solar tanto de invierno como verano.

Cuadro 11. Características identificadas en la fundamentación sobre energía solar para el desarrollo del sistema. Fuente: Propia.

Teniendo identificadas estas características, se tiene una base de cómo podría ser formalmente y funcionalmente el sistema, de esta manera es importante acercar estos ocho puntos en términos de Diseño.

4.2.2.1.2 Esquema básico y Diseño final



Cuadro 12. Esquema básico del diseño del sistema relacionado con las características identificadas en la fundamentación sobre energía solar.
Fuente: Propia.

Teniendo entonces desarrolladas estas características en términos de diseño y mostrando en esquemas básicos el proceso formal y funcional del sistema, el diseño final propuesto se basa en cuatro cúpulas de fibrobarro apoyadas en una carcasa, siendo estas los colectores solares.

Fueron distribuidas cuatro cúpulas como estrategia para aumentar la temperatura del agua al hacer su recorrido. Es claro que entre más colectores se dispongan más serán las temperaturas alcanzadas por el agua que irá recorriendo cada uno de ellos, sin embargo esto depende de la eficiencia del colector. En el mercado existen colectores con tecnología avanzada que permite un óptimo funcionamiento, así hipotéticamente se podría tener tan solo 1 colector que podría trabajar mucho mejor que 4 o más colectores. Ahora dentro del diseño de este Sistema, se optó por la estrategia de tener más colectores debido a que la tecnología que se está usando no es avanzada y es simple, de esta manera se requiere más de 1 colector para lograr un mejor funcionamiento del Sistema.

Los colectores están posicionados de forma cíclica, manteniendo una organización de todos los elementos del sistema dentro del espacio, al igual que posee una simetría, a diferencia de una propuesta lineal donde pierde la relación de algunos elementos y se ven como si no hicieran parte del sistema.

La figura 41 muestra la diferencia entre una propuesta lineal y cíclica.

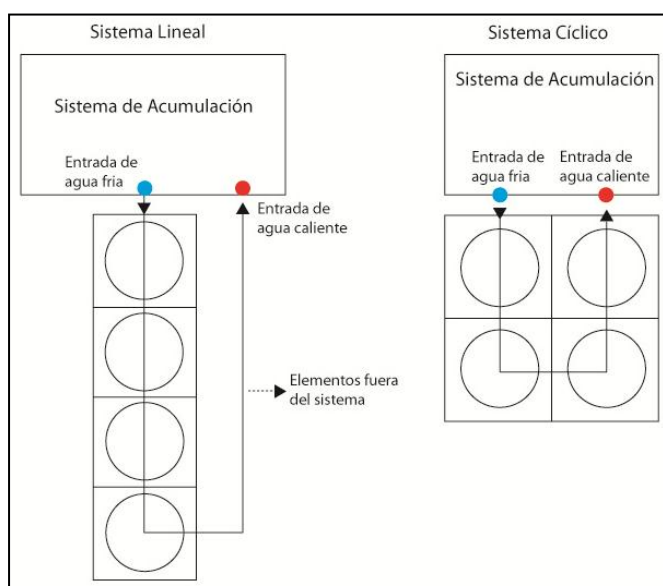


Figura 41. Diferencia entre una propuesta lineal y cíclica en el diseño del Sistema. Fuente: Propia.

De esta manera teniendo entonces definido el diseño del Sistema por una propuesta cíclica se continúa con las otras características formales y funcionales que posee el sistema.

Una de las principales características funcionales, es el principio del efecto invernadero, esto gracias a la superficie pintada de negro en el interior de la cúpula, teniendo un vidrio en la parte superior, siendo colocado el aislamiento abajo del vidrio para evitar pérdidas caloríficas. Este aislamiento es barro fino sin ningún tipo de fibra.

De igual manera es colocado debajo del vidrio una película con una cara reflectiva y otra negra translúcida. La cara reflectiva se ubica hacia el interior de la cúpula y la cara negra hacia la radiación solar, esto con el fin de que los rayos ultrapasen a través de esta cara y al entrar en la cúpula la otra cara refleje los rayos de tal manera se pueda aprovechar más incidencia solar.

Dentro de cada cúpula se encuentran unas mangueras negras en forma de espiral para conducir el agua de cúpula en cúpula y así obtener temperaturas más elevadas al momento de llegar al tanque. Este sistema se basa funcionalmente en los sistemas A.C.S (agua caliente sanitaria). Posee un sistema de captación – cúpulas de fibrobarro-, un sistema de acumulación –tanque de almacenamiento- y un sistema de utilización que es la red de agua caliente que sale del tanque.

La colocación del tanque debe estar a una altura superior al de los colectores, el agua es continuamente circulada a través del efecto de termosifón. Teniendo sol, el fluido que se calienta en el colector, comienza a subir hacia al acumulador o tanque, pues su densidad es inferior a la del fluido que no está caliente. Así la circulación continuará en cuanto el colector continúe sobre la acción de la radiación del sol. La distancia apropiada entre colector y tanque no debe ser menos de 50-60cm de altura.

Para finalizar, el sistema posee la característica de ser ubicado en cualquier dirección, debido a que su base no está anclada al suelo y es posible moverla y transportarla sin dificultad, por tanto es posible hacer un seguimiento al sol. De la misma manera, las cúpulas pueden ser inclinadas de acuerdo a la estación del año y a la hora del día, ya que ellas solo se encuentran superpuestas en la base.

Reuniendo entonces todas estas características, finalmente se define el diseño del Sistema de calentamiento de agua solar, como puede verse a continuación.



Figura 42. Diseño final del sistema. Fuente: Propia.

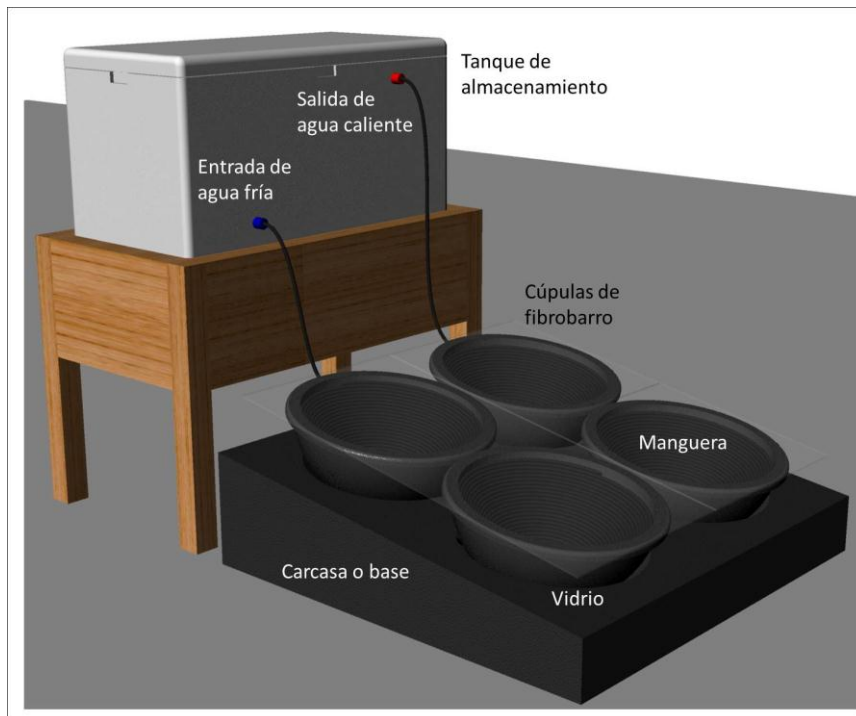


Figura 43. Partes del sistema. Fuente: Propia.

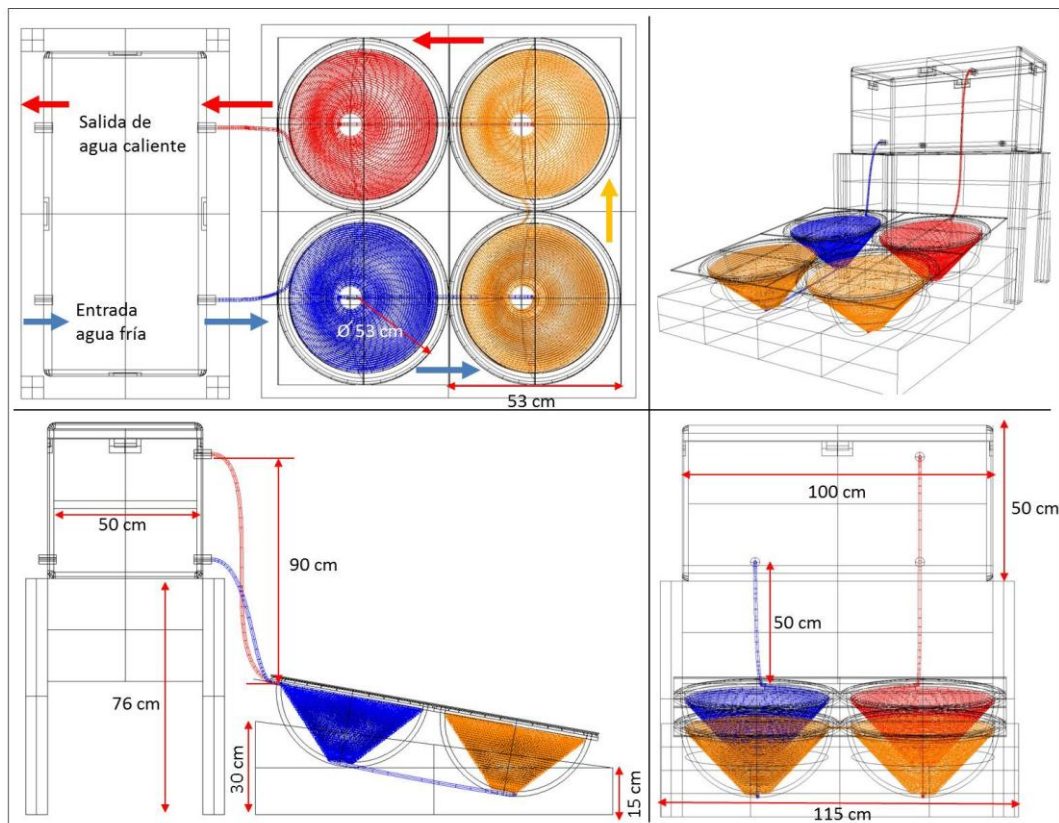


Figura 44. Planos técnicos del sistema. Fuente: Propia.

4.2.2.1.3 Proceso y montaje del sistema



Figura 45. Primeros seis pasos del desarrollo de las cúpulas. Proceso desarrollado en las instalaciones de la PUC-Rio. Fuente: Propia.



Figura 46. Últimos seis pasos del desarrollo de las cúpulas. Proceso desarrollado en las instalaciones de la PUC-Rio. Fuente: Propia.

Cada cúpula como muestran las imágenes fueron hechas de fibrobarro, que es la mezcla entre una fibra natural y la tierra cruda, en este caso la fibra seleccionada fue el sisal. La mezcla debe poseer poca cantidad de agua para evitar que se quiebre con facilidad al momento de secarse. Al tener la mezcla preparada, se empieza el proceso teniendo como molde una bola de Pilates, al cubrir la bola completamente, se coloca gasa sobre la cúpula para darle resistencia y mejorar su estructura. El proceso de secado tarda aproximadamente una semana. Al retirar la cúpula, en el interior se aplica un poco de barro fino para dar un mejor acabado y cubrir los huecos resultantes. Al secar este barro, se pinta con pintura negra asfáltica, esto con la finalidad de proteger la cúpula y no contaminarla, debido a que estará expuesta a altas temperaturas y de esa manera no evapore algún tipo de gas.

Inmediatamente este proceso se cubre con periódico y pegamento diluido en agua para proteger la cúpula contra la lluvia y el agua que posiblemente caiga de las mangueras. Se aclara que en el interior de la cúpula no fue colocado el periódico junto con el pegamento, ya que ahí estará expuesto a la radiación solar y a elevadas temperaturas, por consiguiente el barro no sería quien actúe en el proceso.

Al secar el periódico se aplican varias capas de pintura blanca aislante, con el fin justamente como su nombre lo dice, de terminar de aislar a la cúpula del

agua y las condiciones climáticas. Para finalizar el proceso se le agrega pintura asfáltica u otro tipo de pintura para dar un mejor acabado.

Teniendo las cuatro cúpulas listas se inicia de tal manera el montaje con todas las otras piezas del sistema.

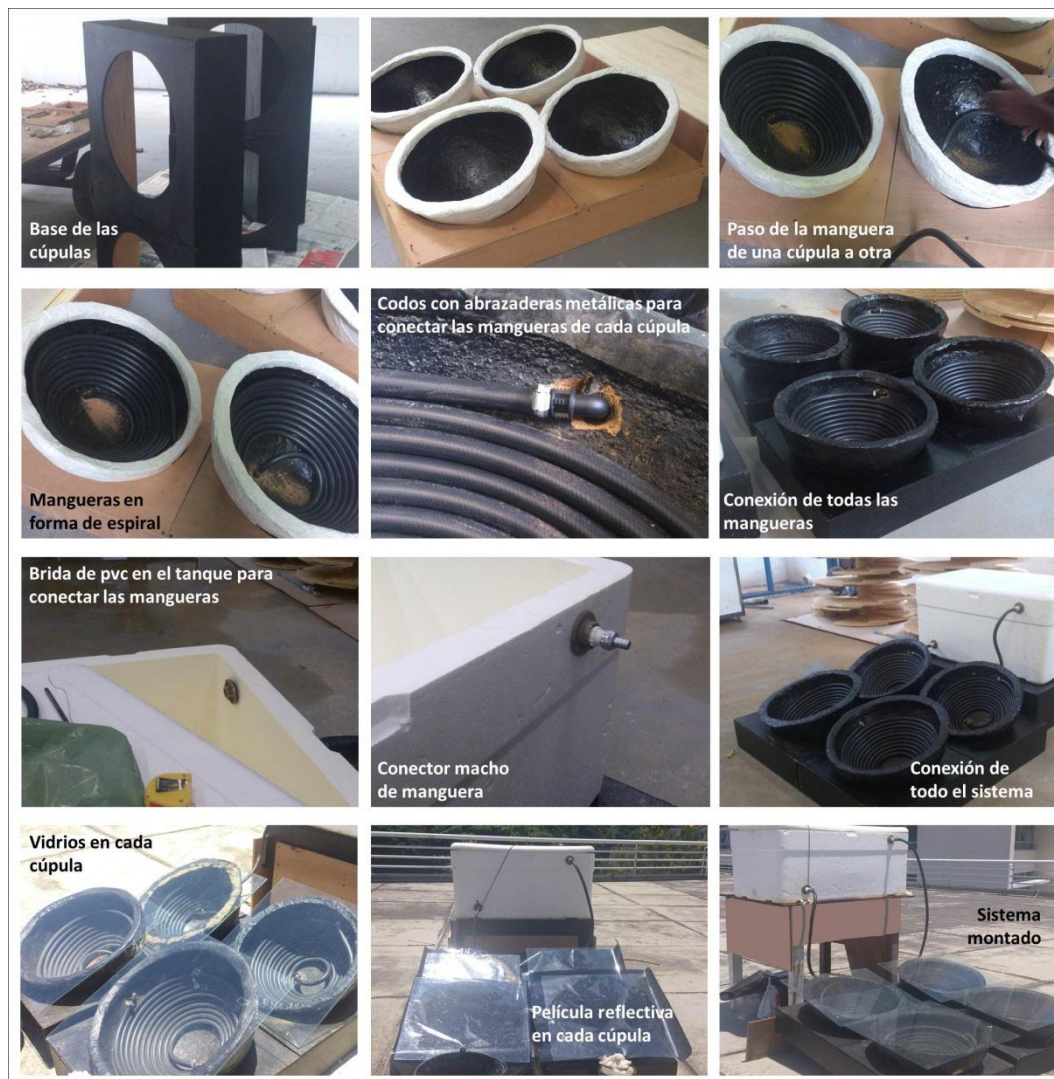


Figura 47. Montaje de todo el sistema. Proceso desarrollado en las instalaciones de la PUC-Rio. Fuente: Propia.

El montaje se inició con la construcción de la base para las soportar las cúpulas. Inmediatamente las cuatro cúpulas fueron colocadas y así empezar a colocar la manguera. Por cada cúpula se utilizó aproximadamente 11mts de manguera. Se necesitaba una manguera resistente a las altas temperaturas tanto del agua, como del mismo ambiente dentro de la cúpula, por tanto se utilizó una manguera de hidro-aire de caucho de ½'', generalmente es para fines industriales,

destinada a la conducción del agua y el aire, teniendo la capacidad de alta flexibilidad y resistencia a la presión y calor.

Para poder pasar la manguera y hacer las respectivas conexiones una con la otra, fueron necesarios dos huecos o *buracos* -traducción a portugués- en cada cúpula, uno en la parte superior y el otro en la parte inferior. De tal manera que en la primera cúpula entra el agua en la parte superior, baja y entra en la parte inferior de la segunda cúpula. En ese punto el agua sube y entra en la parte superior de la tercera cúpula, finalmente baja de nuevo y entra en la parte inferior de la cuarta cúpula, subiendo nuevamente para entrar en el tanque de almacenamiento. Después de este recorrido en este punto el agua debe entrar caliente hacia el tanque de almacenamiento.

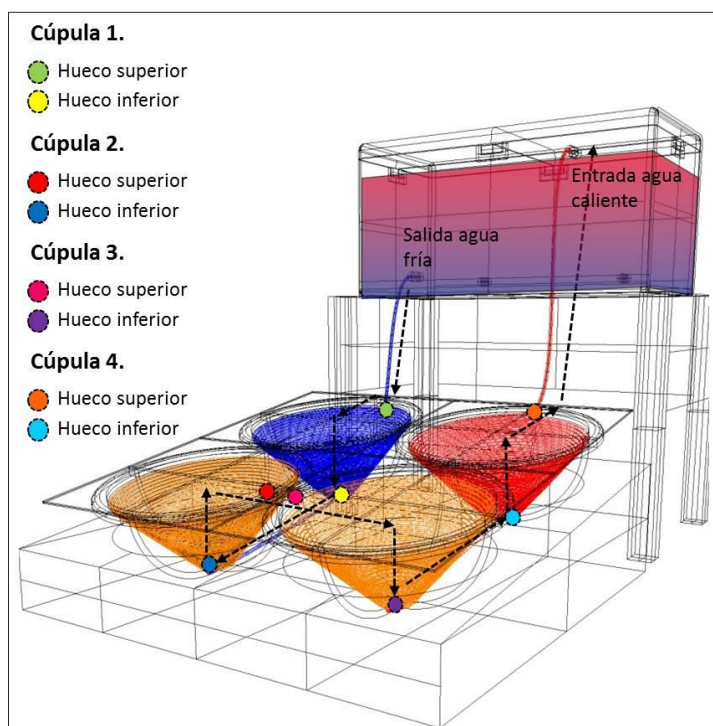


Figura 48. Recorrido del agua dentro del sistema. Simulación del agua en el tanque de almacenamiento. Fuente: Propia.

Para hacer cada una de las conexiones entre las mangueras fue necesario colocar codos o *joelhos* –traducción al portugués- con abrazaderas para reforzar la manguera e impedir la salida del agua.

Teniendo entonces todas las conexiones listas, se realizaron las adaptaciones necesarias al tanque para poder conectar las mangueras con la entrada y salida de agua del tanque.

Para esto se utilizaron bridas de pvc o *flanges* –portugués- junto con conectores machos de mangueras o *bico de torneira* –portugués- de ½’’ para ser introducidos en las mangueras. Fueron colocadas dos conexiones de estas, una para la salida del agua fría hacia la primera cúpula y otra para la entrada del agua que viene de la cuarta cúpula.

Al tener finalmente la conexión de todo el sistema, se colocan los vidrios de 6mm de espesor en cada cúpula. Debajo de ellos fue puesto un poco de barro fino en masa como aislamiento para evitar pérdidas caloríficas por ventilación o infiltración, además de ayudarlos a permanecer estáticos en la cúpula, recordando que esta posee una inclinación y de esa manera el vidrio podría caerse.

Para finalizar se coloca la película reflectiva en cada vidrio. La medida es de 55x55cm pensando en que cada vidrio es de 53x53cm, por tanto se dejan unos centímetros para doblarla un poco y pegarla al vidrio. Esta posee un lado reflectivo y otro negro translucido. La cara reflectiva debe estar hacia el interior de la cúpula mientras que la otra cara negra translúcida debe estar en dirección a la radiación solar. Esto con la finalidad que por la cara translúcida entren los rayos hacia la cúpula y al regresar choquen contra la cara reflectiva y así nuevamente la radiación reflejada regrese a la cúpula y se pueda mantener una mayor incidencia solar y por ende aumentar la termocirculación.

Ya teniendo dispuestos todos los elementos del sistema, se finaliza el proceso de montaje e inmediatamente se pueden iniciar las experimentaciones con el sol. Sin embargo durante este proceso, se fueron indagando nuevas posibilidades y varias situaciones de prueba y error y presentó tres variaciones a lo largo del proceso.

En la *primera variación*, la base de las cúpulas pasó a ser inclinada en vez de lineal o recta. Esto con la finalidad de ayudar a bajar por medio de la gravedad el agua desde la primera cúpula hacia la segunda, ya que la eleva un poco. En ese momento el agua aún se encuentra fría y como aún no posee vapor el cual se genera al calentar el agua y por ende presión, el agua fría es más difícil de circular. De esa manera hay que ayudar al agua fría a circular con más facilidad.

En la *segunda variación*, la base del tanque comenzó con una altura de 30cm, sin embargo fue demasiado bajo al momento de hacer las conexión hacia la

primera cúpula. Como fue explicado en la anterior variación, es imprescindible que la entrada de agua a la primera cúpula mantenga una altura apropiada para que a través de la gravedad el agua circule con más facilidad. Por tanto la altura final de la base del tanque es de 76cm, altura prudente para permitir una mejor circulación del agua fría.

En la última y *tercera variación*, se modificaron las inclinaciones de las cúpulas. En la primera propuesta al tener la base lineal eran las cúpulas las que se inclinaban, por tanto en algún momento del día una de ellas le produciría sombra a la otra como se ve en la imagen anterior. Al inclinar la base, las cúpulas consecuentemente se inclinan de forma grupal y lineal y no como se proponía inicialmente, así se elimina la sombra que una cúpula puede generarle a la otra.

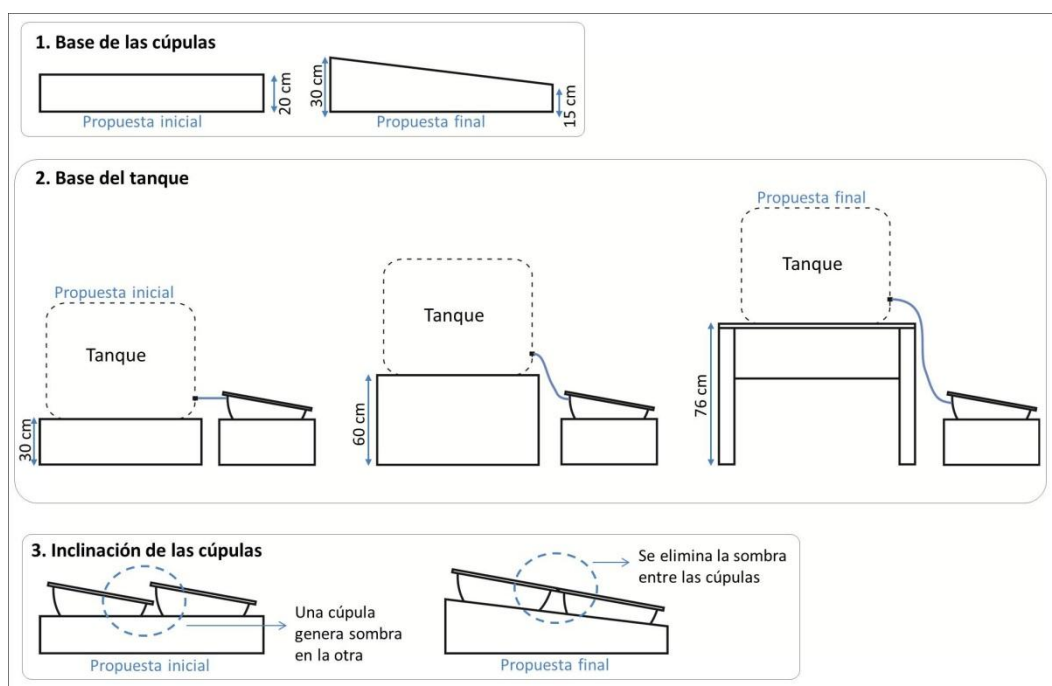


Figura 49. Variaciones ocurridas a lo largo del montaje del sistema.

Fuente: Propia.

En el siguiente ítem se muestran como fueron las experiencias realizadas tanto en invierno como en verano.

4.2.2.1.4 Experiencias con el sol

Las primeras experiencias realizadas con el sol, fue un análisis de las temperaturas alcanzadas en varios puntos de la cúpula, con el fin de empezar a entender su comportamiento en la exposición solar.

Este análisis fue desarrollado en las instalaciones de la PUC-Rio a mediados de la temporada de invierno de 2013, alcanzando temperaturas altas pero no con la misma intensidad de la incidencia solar que se presenta en verano.

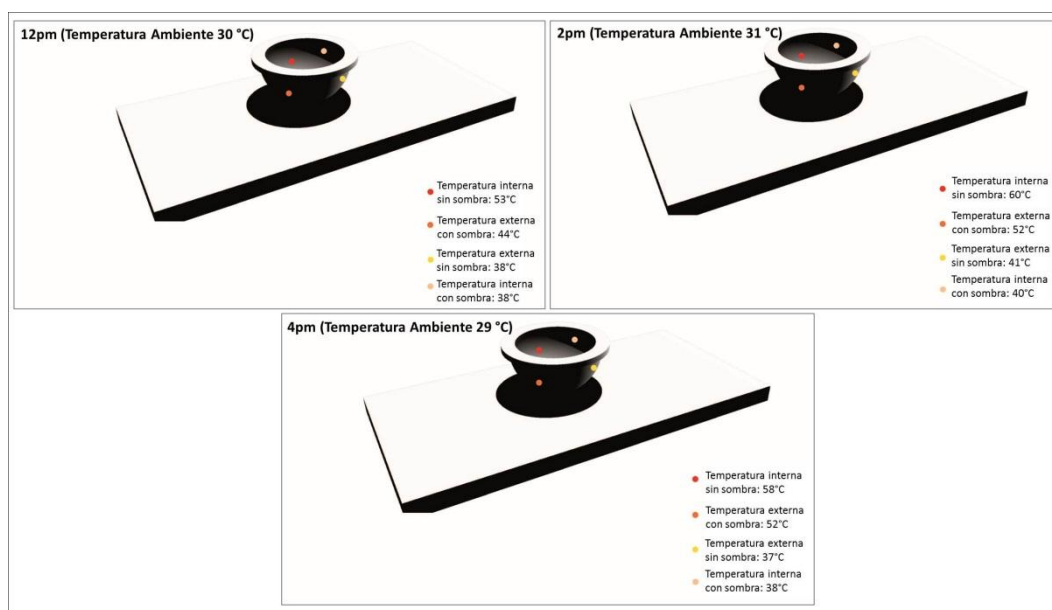


Figura 50. Análisis de temperaturas de la cúpula. Fuente: Propia.

Los análisis tuvieron un intervalo de cada dos horas iniciando a las 12pm, como muestra la imagen, donde el punto más alto fue a las 2pm. Todas las temperaturas tomadas en la cúpula fueron superiores a los análisis tanto de las 12pm como de las 4pm, esto indica que el momento con más intensidad de calor es alrededor de esa hora. La temperatura máxima obtenida fue de 60°C en la parte interna de la cúpula sin sombra, es decir, justamente donde la radiación solar entra directamente. Esto demuestra como el barro puede comportarse de manera positiva al ser expuesto a la radiación solar.

Antes de iniciar con las experiencias realizadas, que fueron desarrolladas en invierno y verano, es importante entender de qué manera hay que posicionar las cúpulas en cada temporada.

En una ubicación como Rio de Janeiro, que se encuentra a 23° S –como fue visto en la figura 25- el solsticio de invierno y verano presenta diferentes angulaciones en el movimiento del sol, por tanto la inclinación de las cúpulas debe ser diferente en cada temporada, como fue visto en el cuadro 12, punto 8, Sistema de seguimiento solar.

De esa manera, al percibir las distintas angulaciones se inició con la experimentación en la temporada de invierno.

En estas experiencias, el sistema no estaba completamente montado sin embargo se analizaron las temperaturas obtenidas dentro de las cúpulas y todos los elementos del sistema.

Durante la época de invierno, que fue de junio hasta finales de septiembre, se realizaron tres experiencias, con solo dos cúpulas, sin embargo, a lo largo de este proceso se modificaron algunos componentes para ver cómo era el comportamiento de la cúpula junto con los otros elementos.

Las experimentaciones realizadas fueron las siguientes:

- **Primera experimentación:** Cúpula 1, compuesta por la manguera y dos vidrios de 6mm cada uno. Cúpula 2, compuesta por un solo vidrio de 4mm, sin manguera.
- **Segunda experimentación:** Cúpula 1, compuesta por la manguera, película reflectiva y dos vidrios de 4mm. Cúpula 2, compuesta por un solo vidrio de 6mm y la película reflectiva, sin manguera.
- **Tercera experimentación:** Cúpula 1, compuesta por la manguera, película reflectiva y dos vidrios de 4mm y 6mm.

A continuación, la figura 51 muestra estas tres experimentaciones realizadas durante la época de invierno.

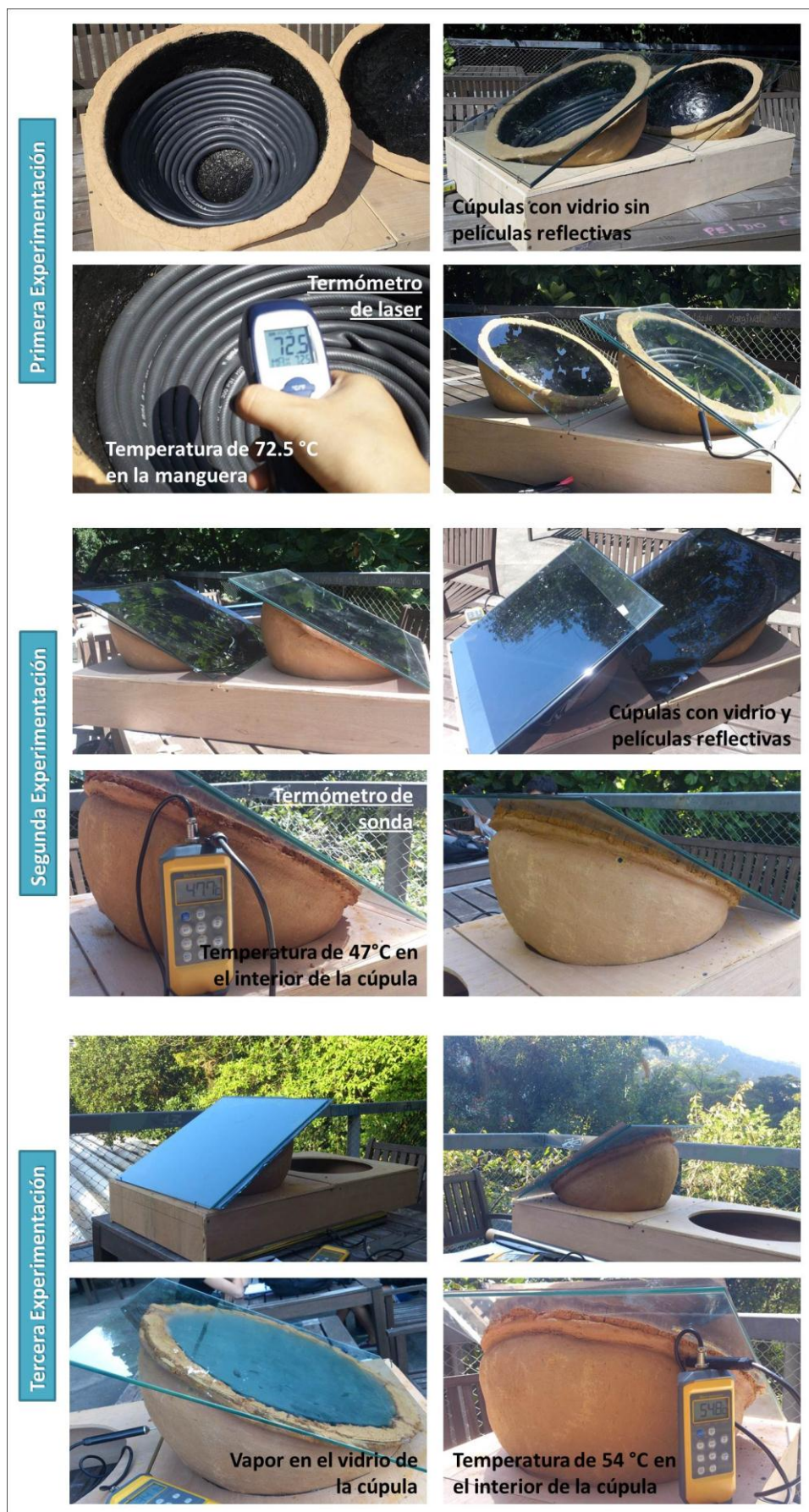


Figura 51. Experiencias durante la época de invierno. Fuente: Propia

Siendo estas experiencias realizadas en la época de invierno, la temperatura ambiental durante las mediciones estuvieron alrededor de 25-35°C, situación que permitió observar temperaturas importantes dentro del sistema y que daba una fuerte posibilidad de obtener aún temperaturas más elevadas en la época de verano. En estas tres experiencias fueron realizadas ocho mediciones de temperatura para analizar el comportamiento de las cúpulas y los elementos que componen todo el sistema. Las mediciones fueron las siguientes:

1. Temperatura Ambiental
2. Temperatura Interna Inferior Cúpula
3. Temperatura Interna Superior Cúpula
4. Temperatura Superficie Interna Cúpula
5. Temperatura Superficie Externa Cúpula
6. Temperatura Manguera
7. Temperatura Interna Vidrio
8. Temperatura Externa Vidrio

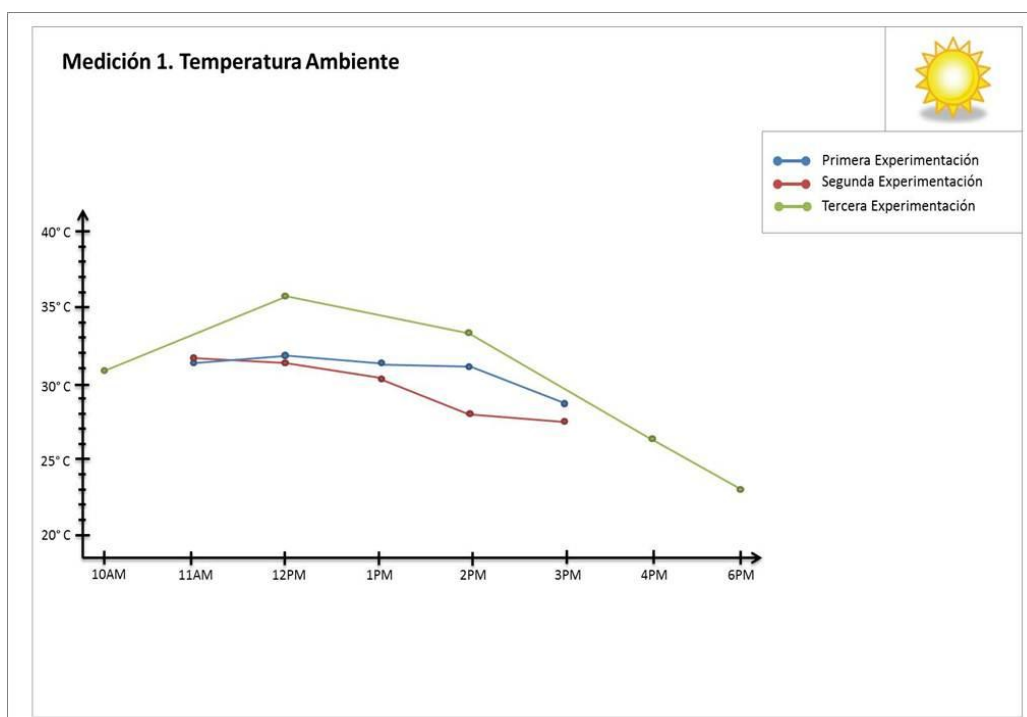


Figura 52. Gráficas de la primera medición de temperaturas en la época de invierno. Fuente: Propia.

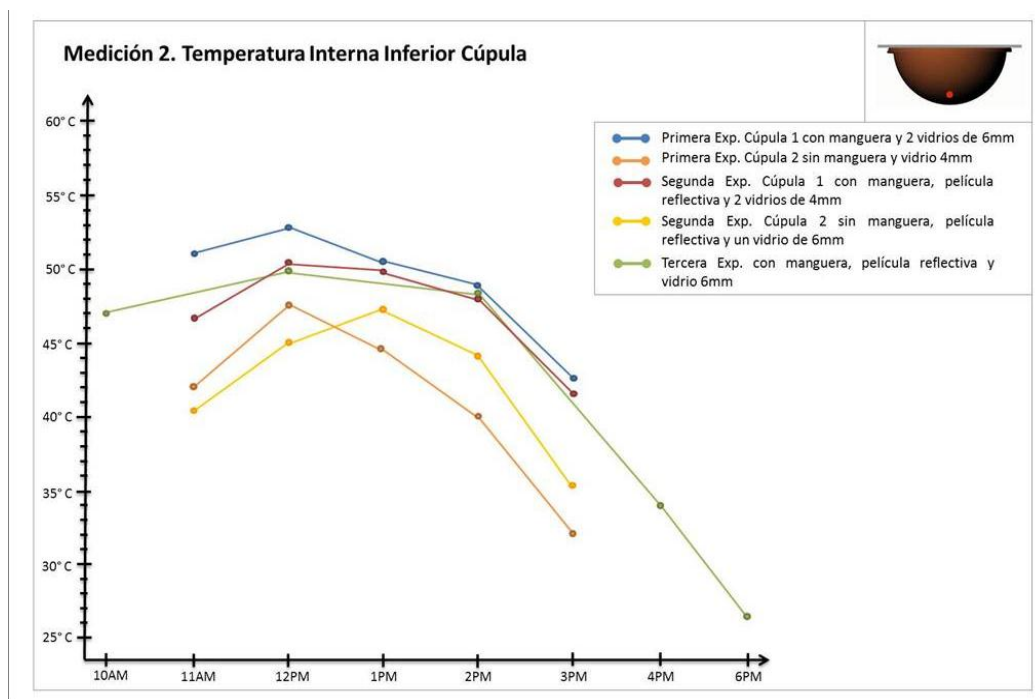


Figura 53. Gráficas de la medición dos de temperaturas en la época de invierno. Fuente: Propia.

Para obtener esta segunda medición fue utilizado un termómetro de sonda, como se observa en las anteriores imágenes. Este, se introdujo en la parte inferior de la cúpula para poder obtener la temperatura ambiental dentro de ella. Cada una de las experiencias poseía dos cúpulas –excepto la tercera experiencia-. La primera cúpula en la experiencia uno fue la que marcó las más altas temperaturas, como se observa en la gráfica, a diferencia de todas las otras experiencias que poseían la película reflectiva. La temperatura fue de 53°C a las 12pm, permaneciendo casi hasta los 50°C a las 2pm. Por el contrario las temperaturas más bajas fueron obtenidas por las cúpulas que no poseían manguera en la experiencia uno y dos, sus temperaturas estaban alrededor de 47-32°C.

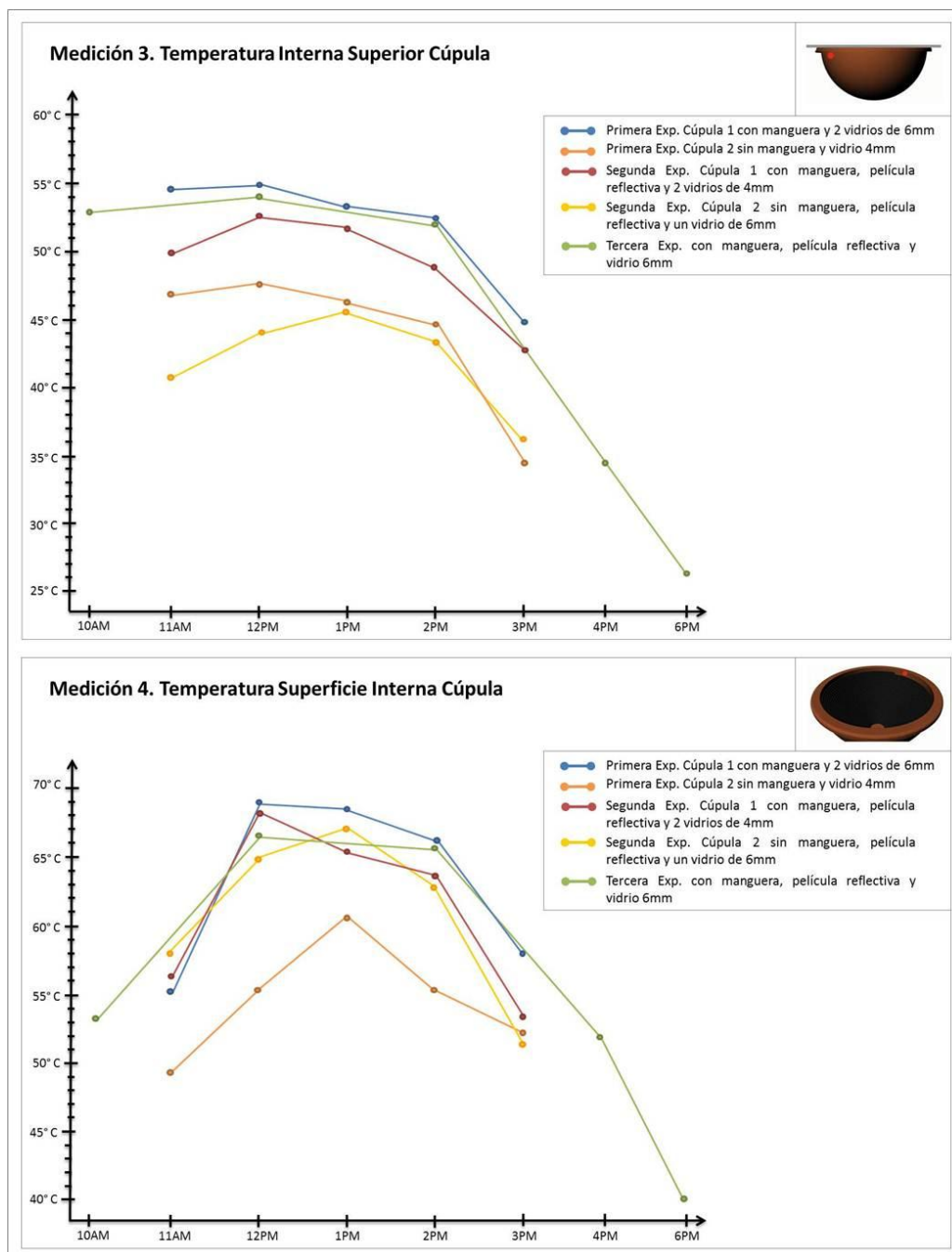


Figura 54. Gráficas de la medición tres y cuatro de temperaturas en la época de invierno. Fuente: Propia.

Nuevamente en las siguientes mediciones –tres y cuatro- se puede observar en las gráficas como la primera cúpula del primer experimento sobrepasa a las otras experiencias, permitiendo ver temperaturas de casi 70°C en el interior de la superficie de la cúpula. Acá fue utilizado un termómetro de laser que muestra las temperaturas superficiales exactas. De nuevo las temperaturas más bajas las presentaron las cúpulas que no poseían la manguera en su interior, por tanto esto

demuestra que la manguera ayuda a elevar las temperaturas tanto en el ambiente interno de la cúpula como en su superficie interna.

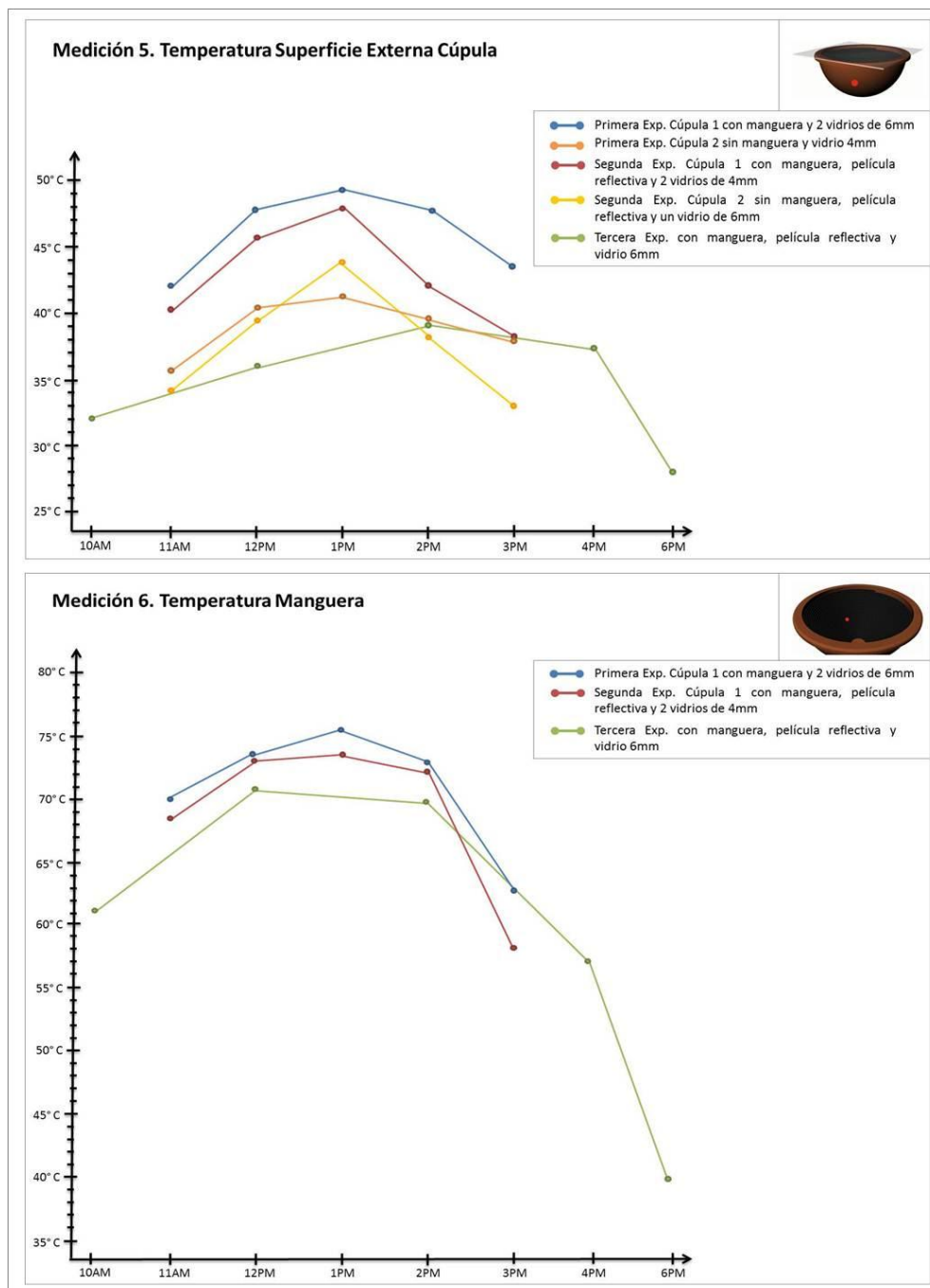


Figura 55. Gráficas de la medición cinco y seis de temperaturas en época de invierno. Fuente: Propia.

En las mediciones cinco y seis se presentaron temperaturas importantes, sin embargo la medición cinco fue la temperatura externa en la superficie de la cúpula y esta es el resultado de la exposición directa de los rayos solares de la otra cara de la superficie, por tanto esto demuestra porque es inferior a la medición cuatro,

que es la temperatura de la superficie interna de la cúpula, más exactamente la que recibe la radiación directa del sol. Ahora en la medición seis, se observa la temperatura de la manguera, como es visto en la gráfica, las tres experiencias lograron superar en algún momento del día los 70°C, siendo nuevamente la primera cúpula de la primera experiencia la que alcanzó las temperaturas más altas, marcando 76°C a la 1pm, recordando que la temperatura ambiental era de 31°C. Esto puede ser clave a la hora de realizar todo el montaje del sistema debido a que el agua al estar pasando dentro de la manguera se tiene la hipótesis de que logrará calentarla lo suficiente para lograr el efecto de termosifón y pueda empujarla hasta el tanque de almacenamiento.

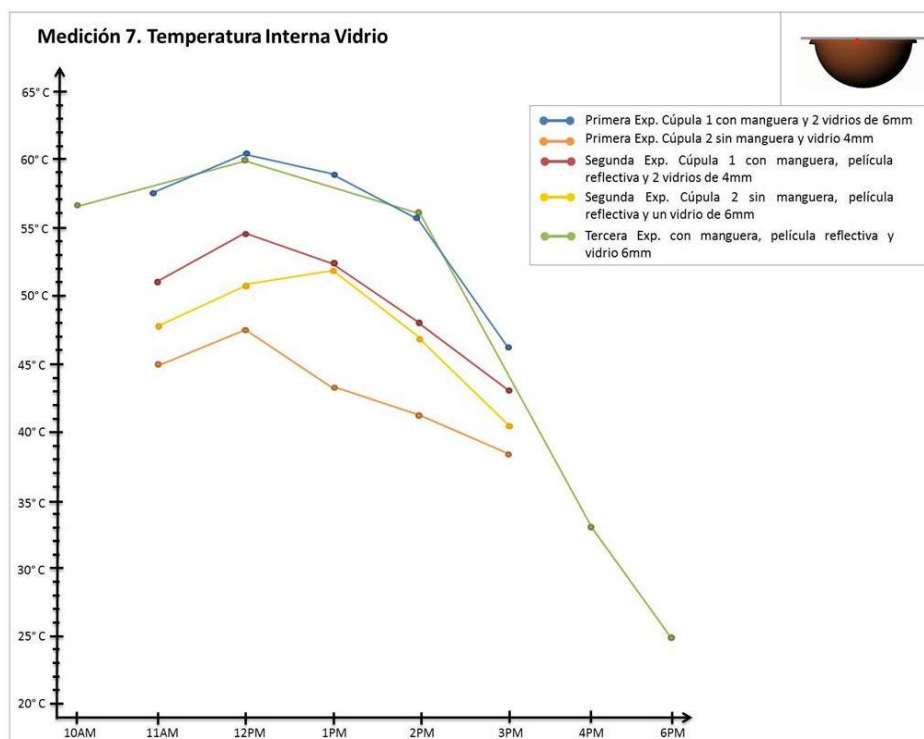


Figura 56. Gráfica de la medición siete de temperaturas en época de invierno. Fuente: Propia.

Tanto la medición siete y ocho muestran las temperaturas tanto internas como externas del vidrio. Acá casi todas las temperaturas fueron similares, sin embargo tanto la primera experiencia como la tercera, fueron un poco más elevadas. Estas dos mediciones no son tan relevantes a la hora de analizar si marcan o no una pauta, sin embargo es claro que cada medición hecha en estas experiencias dan resultados que muestran la viabilidad o no en el desarrollo de esta investigación.

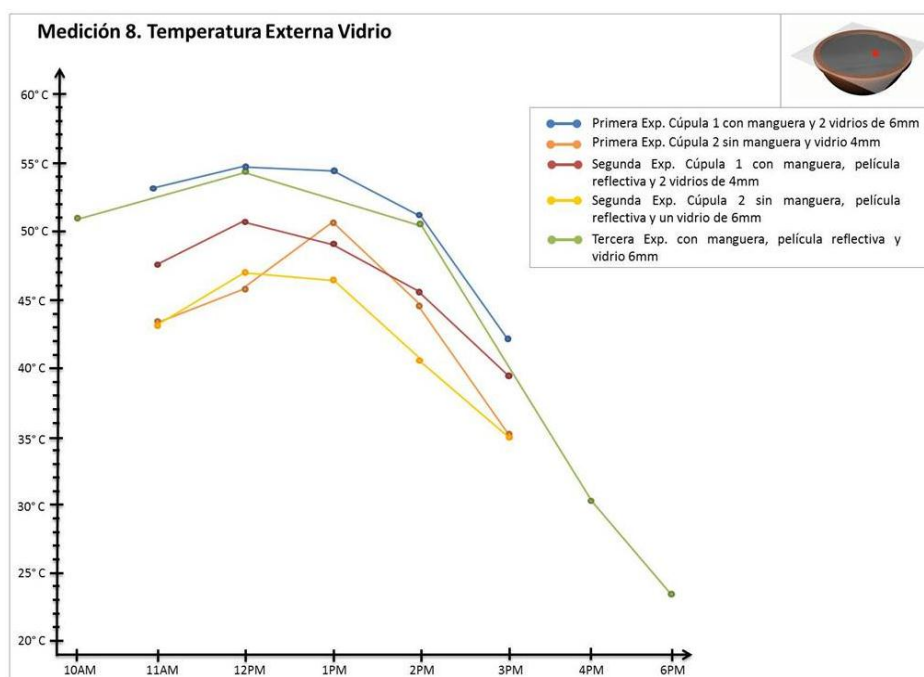


Figura 57. Gráfica de la medición ocho de temperaturas en época de invierno. Fuente: Propia.

Finalizando con estas experiencias de invierno, quedan algunas conclusiones que con las experiencias de verano se confirmarán o simplemente quedarán descartadas.

Como *primera conclusión*, se observó que la película reflectiva en vez de ayudar en el calentamiento de la cúpula y su interior disminuyó de manera considerable las temperaturas. Esto debido a que la radiación solar no consigue atravesar directamente por la capa negra translúcida y pierde incidencia en el interior de la cúpula, sin embargo esto será confirmado o descartado en las experiencias de verano.

Como *segunda conclusión*, se percibe como las cúpulas que estaban sin la película reflectiva tenían temperaturas más altas, esto como fue explicado anteriormente debido a la cara negra translúcida de la película que impide que la radiación sea directa.

La *tercera conclusión* deja, como las cúpulas que no poseían manguera en su interior tuvieron una temperatura más baja y por ende una concentración de calor baja, sin embargo eso demuestra que a la hora de realizar el montaje para la

temporada de verano, las mangueras serán fundamentales para aumentar y conservar el calor adquirido dentro de las cúpulas.

Finalmente, como *cuarta conclusión*, se observa en las experiencias tres temperaturas fundamentales, que son el punto clave para mantener la concentración del calor dentro de las cúpulas. Aunque se sabe que al ser un sistema evidentemente cada elemento es imprescindible, sin embargo al permitir que estas tres temperaturas permanezcan elevadas posiblemente se logrará cumplir el funcionamiento del sistema.

Esas tres temperaturas son: Temperatura interna inferior de la cúpula, Temperatura superficie interna de la cúpula y Temperatura de la manguera.

Ahora, iniciando las experiencias en la época de verano, se aclara que el sistema ya se encontraba montado y por ende se lograría llegar concretamente a una conclusión, confirmando los puntos obtenidos en las experiencias de invierno y descartándolos.

Fueron realizadas cuatro experiencias, nuevamente en las instalaciones de la PUC-Rio, desde el mes de enero hasta marzo de 2014, entre las 10am-6pm, utilizando en dos de las experiencias la película reflectiva y en las otras sin la película, esto con la finalidad de comparar si en realidad había una variación en las temperaturas.

En estas experiencias fueron tomadas nueve mediciones de temperatura, las mismas ocho de las experiencias en invierno y se agregó la medición de la temperatura del agua.

Dentro de estas experiencias, al estar montado ya el sistema, se realizaron tres variaciones -las cuales fueron mencionadas en la figura 49-, para optimizar el sistema.

En el inicio la base de las cúpulas al estar baja y lineal, las mismas estaban de igual altura, por ende se inclinó la base para lograr elevar la primera cúpula y tener más altura con respecto a la segunda. Esto permitió ayudar al agua fría a caer con más facilidad hacia la siguiente cúpula por medio de la gravedad, ya que al no estar caliente y por ende no tener presión -generada por el vapor- dificulta su

recorrido, así pues, la inclinación de la base fue clave en la optimización del paso del agua de cúpula en cúpula.

La siguiente variación, que fue la modificación de la altura de la base del tanque, permitió darle más fuerza al agua al entrar en la primera cúpula y así lograr todo el recorrido hasta el tanque nuevamente. Esta variación fue realizada ya que al ver que el agua no conseguía llegar hasta la cuarta cúpula, fue necesario elevarla para comprobar si con más altura se lograba empujar el agua hasta el tanque, situación que optimizó el recorrido hasta el tanque de almacenamiento.

La última variación fue la inclinación de las cúpulas. Esto en realidad es consecuencia de la primera variación, ya que al inclinar la base de las cúpulas se elimina la inclinación individual de cada cúpula y permite una modificación grupal. Al inclinar cada cúpula de forma individual generan sombras unas en las otras, por ende fueron inclinadas junto con la base y así se logró eliminar las sombras en las cúpulas.



Figura 58. Primera experimentación en verano. Fuente: Propia.

La imagen muestra algunos detalles de la primera experimentación, donde aún las variaciones no habían sido desarrolladas. Acá ya se observaron temperaturas importantes, pero de igual manera algunos inconvenientes con el recorrido del agua hasta el tanque. A partir de esta experiencia se empezaron a plantear ciertos cambios necesarios para optimizar el sistema.



Figura 59. Cuatro imágenes superiores: Segunda y tercera experimentación. Seis imágenes inferiores: Cuarta experimentación en temporada de verano. Fuente: Propia.

En la segunda y tercera experiencia, fueron colocadas las películas reflectivas, para ver de qué manera afectaba el rendimiento de la acumulación de calor dentro de las cúpulas. En estas dos experiencias aún las bases estaban sin ninguna de las variaciones necesarias para optimizar su funcionamiento.

En estas dos experiencias a pesar de tener algunas temperaturas elevadas, se demostró que en realidad las películas afectan la incidencia solar dentro de las cúpulas y por ende el calentamiento de las mismas y del agua. Como fue explicado en las experiencias de invierno, esto se debe a que la cara negra translúcida es demasiado oscura y no permite que los rayos pasen directamente e impiden que la captación de calor sea menor.

Sin embargo en las tablas y graficas de las mediciones de temperaturas, que se mostrarán más adelante, podrá verse la diferencia de temperaturas en cada una de las experiencias.

En la cuarta experiencia, las variaciones de las bases fueron realizadas y por ende se logró ver el recorrido del agua en todas las cúpulas hasta el tanque del almacenamiento. Permitiendo esto se observó como el agua caliente, al entrar en el tanque, se mezcla con el agua fría, viendo la diferencia entre dos fluidos con temperaturas diferentes, que justamente se logra ver en las imágenes anteriores.

En esta experiencia ocurrieron ciertas situaciones que fueron fundamentales para observar que tan funcional o no podía ser el sistema. Se presentaron temperaturas de 80°C -90°C en las mangueras, el agua al llegar al tanque logró una temperatura casi de 80°C –estando muy cerca del punto ebullición, que es 99.98 °C -, además de lograr el recorrido del agua hasta el tanque de almacenamiento.

Dentro de esta experiencia se quiso hacer un entendimiento de la posibilidad de cocción de un alimento, iniciando por algo sencillo y simple como un huevo, sin embargo al estar tanto tiempo expuesto a las altas temperaturas, su cocción fue excedida, quedando seca la clara y la yema con contextura dura. Por tanto se ve cómo es posible lograr la cocción por ahora de un huevo, sin embargo es necesario controlar los tiempos y dejarlo expuesto desde las horas con temperaturas más elevadas, siendo de 1-3pm aproximadamente. Se sabe de igual manera que aunque la cocción puede ser uno de los temas importantes del proyecto todo este estudio será dejado para futuros trabajos.

Las siguientes tablas muestran las temperaturas obtenidas en las cuatro experiencias en cada una de las nueve mediciones.

Temperatura Ambiente	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	30 °C	33 °C	36 °C	35 °C	30 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	30 °C	33 °C	34 °C	36 °C	32 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	32 °C	32 °C	35 °C	33 °C	31 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	30 °C	36 °C	35 °C	33 °C	31 °C

Temperatura Interna Inferior Cúpula	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	46 °C	60 °C	72 °C	54 °C	41 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	32 °C	44 °C	56 °C	42 °C	31 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	30 °C	39 °C	50 °C	41 °C	29 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	45 °C	71 °C	69 °C	60 °C	48 °C

Temperatura Interna Superior Cúpula	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	43 °C	56 °C	67 °C	56 °C	42 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	38 °C	48 °C	55 °C	49 °C	35 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	47 °C	51 °C	63 °C	54 °C	42 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	47 °C	69 °C	70 °C	66 °C	51 °C

Temperatura Superficie Interna Cúpula	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	47 °C	56 °C	76 °C	54 °C	40 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	28 °C	40 °C	47 °C	39 °C	30 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	32 °C	42 °C	51 °C	43 °C	31 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	50 °C	71 °C	72 °C	65 °C	49 °C

Temperatura Superficie Externa Cúpula	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	40 °C	47 °C	55 °C	50 °C	42 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	33 °C	40 °C	48 °C	43 °C	37 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	35 °C	43 °C	51 °C	46 °C	39 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	42 °C	55 °C	55 °C	54 °C	48 °C

Temperatura Manguera	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	53 °C	67 °C	81 °C	73 °C	44 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	31 °C	48 °C	56 °C	52 °C	37 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	48 °C	56 °C	62 °C	58 °C	41 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	62 °C	89 °C	90 °C	75 °C	48 °C

Temperatura Interna Vidrio	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	32 °C	40 °C	49 °C	38 °C	32 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	38 °C	43 °C	44 °C	43 °C	40 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	39 °C	42 °C	47 °C	45 °C	43 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	40 °C	45 °C	44 °C	42 °C	39 °C

Tabla 5. Mediciones de temperaturas obtenidas en las cuatro experiencias realizadas en la época de verano. Fuente: Propia.

Temperatura Externa Vidrio	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	40 °C	53 °C	60 °C	47 °C	37 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	38 °C	45 °C	57 °C	49 °C	39 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	40 °C	50 °C	58 °C	51 °C	43 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	45 °C	54 °C	60 °C	50 °C	42 °C

Temperatura Agua	10:00 a.m.	12:00 p.m.	02:00 p.m.	04:00 p.m.	06:00 p.m.
Primera Experimentación (sin película reflectiva)	39 °C	47 °C	68 °C	62 °C	49 °C
Segunda Experimentación (con película reflectiva)	32 °C	43 °C	51 °C	47 °C	38 °C
Tercera Experimentación (con película reflectiva)	34 °C	45 °C	53 °C	50 °C	42 °C
Cuarta Experimentación (sin película reflectiva)	40 °C	61 °C	79 °C	76 °C	57 °C

Tabla 6. Mediciones de temperaturas obtenidas en las cuatro experiencias realizadas en la época de verano. Fuente: Propia.

A partir de estas tablas se representaron gráficamente los datos obtenidos en cada una de las mediciones realizadas, mostrando todas las temperaturas obtenidas en cada una de las experiencias, observando como fue el comportamiento y diferencias entre cada experiencia.

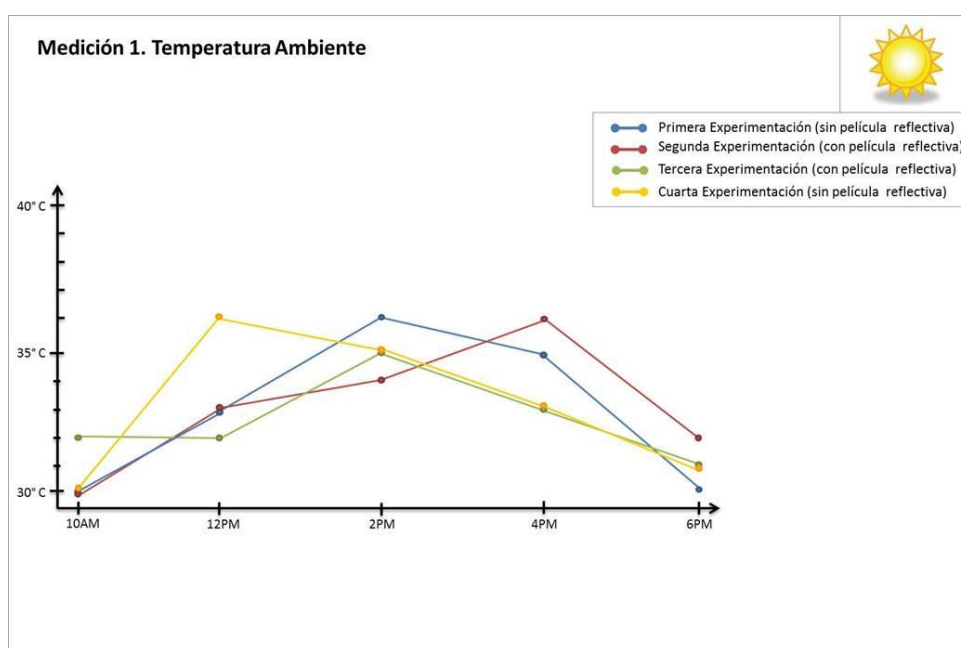


Figura 60. Gráfica de la medición uno de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

Esta primera gráfica, muestra la medición de la temperatura ambiental. Durante las cuatro experiencias, desde las 10am hasta las 6pm, nunca estuvo por debajo de 30°C, teniendo temperaturas máximas de 36°C en tres experimentaciones. Estas temperaturas ya marcan un inicio positivo para el transcurrir de todas las mediciones.

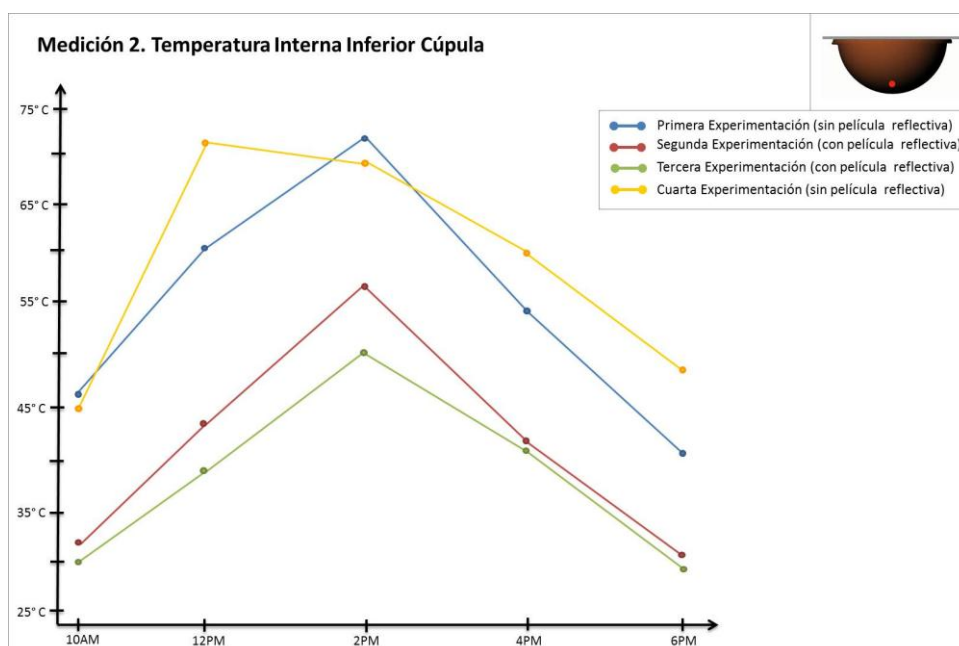


Figura 61. Gráfica de la medición dos de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

Esta medición fue hecha en el ambiente interno de la cúpula, en la parte inferior. Esta vez fue utilizado un multímetro con termopar⁵⁵ el cual permite leer cualquier tipo de temperatura, sea ambiental, superficial o la del agua.

En la gráfica se ve como las dos experimentaciones sin película reflectiva lograron tener temperaturas máximas de 72°C, a diferencia de las experiencias en invierno que fueron de 58°C aproximadamente. Las experiencias dos y tres muestran resultados inferiores, con temperaturas máximas de 56°C. Ya desde esta medición se empiezan a ver claramente las diferencias entre las experiencias con y sin la película reflectiva.

La siguiente grafica muestra la temperatura ambiental interna en la parte superior de la cúpula.

⁵⁵ Un *termopar* es un sensor de temperatura simple, basado en efectos termoeléctricos constituido por dos metales distintos que unidos por sus extremidades forman un circuito cerrado. El termopar de esta manera genera una Fuerza Electro-Motriz (FEM) que cuando es conectado a un instrumento de lectura (multímetro) consigue leer la temperatura.

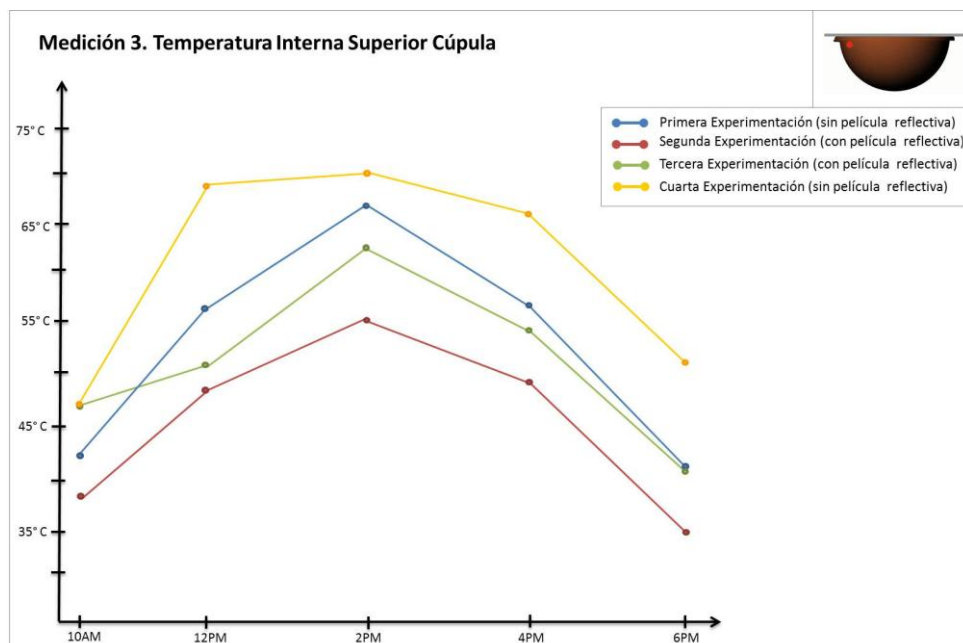


Figura 62. Gráfica de la medición tres de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

Nuevamente en esta medición y que de hecho en todas las experimentaciones fue utilizado principalmente el multímetro junto con el termopar, sin embargo ocasionalmente fueron utilizados los termómetros de láser y sonda.

En la cuarta experimentación nuevamente se ven temperaturas de 70°C, junto con la primera que llega a 69°C. Estas temperaturas internas son fundamentales, ya que al estar elevadas ayudarán en el calentamiento de todos los elementos internos de la cúpula.

Es importante ver como presenta casi una diferencia de 15°C entre la experiencia sin película junto con la experiencia de la película. Esto demuestra, nuevamente, la inferioridad de temperaturas de las experiencias que poseen la película reflectiva.

La siguiente gráfica, es la medición superficial de la parte interna de la cúpula. Acá nuevamente, es fundamental obtener temperaturas elevadas, ya que la misma superficie ayudará a calentar la manguera y por ende el agua.

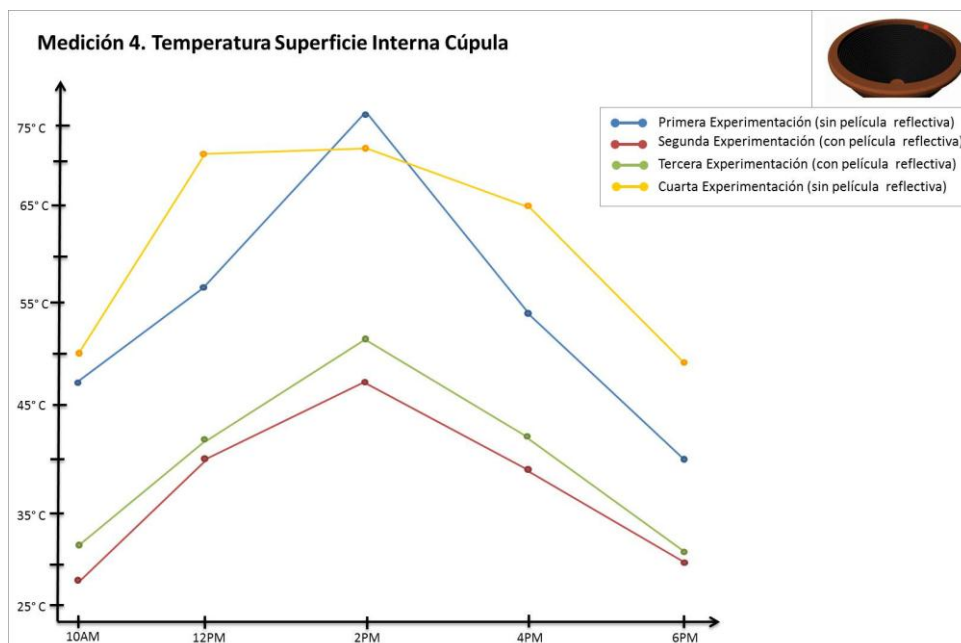


Figura 63. Gráfica de la medición cuatro de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

En esta gráfica nuevamente se observa la superioridad de la primera y cuarta experiencia que no poseían la película reflectiva. La primera experimentación a las 2pm logra tener una temperatura de 76°C, teniendo una diferencia de 29°C respecto a la segunda experimentación con la película.

En esta medición las diferencias entre las experiencias fueron marcadas, demostrando una vez más como la película reflectiva afecta el rendimiento y la eficiencia de las cúpulas junto con sus elementos.

La siguiente grafica es la medición de la temperatura superficial externa de la cúpula. Esta, como fue explicada en las experiencias de invierno, es el resultado de la exposición directa de los rayos solares de la otra cara de la superficie, por tanto demuestra porque es menor que la temperatura de la superficie que recibe los rayos directamente.

En esta medición, las temperaturas tienden a ser más similares, sin embargo las experimentaciones sin película nuevamente marcan una diferencia positiva.

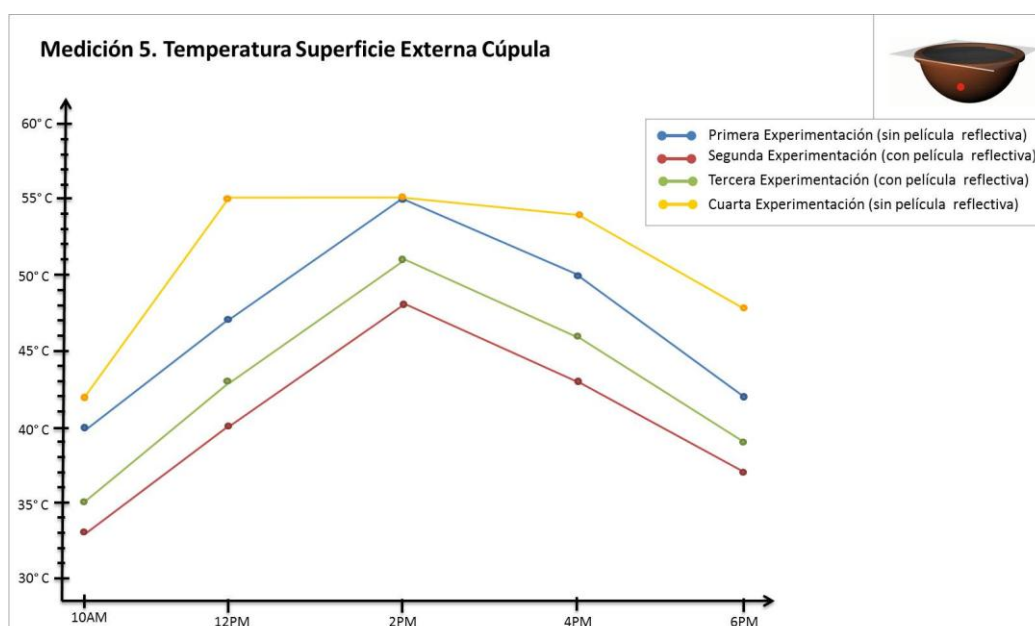


Figura 64. Gráfica de la medición cinco de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

Las temperaturas máximas obtenidas fueron de 55°C en la primera y cuarta experimentación, al contrario de la segunda que tuvo una máxima de 48°C, esto da una diferencia tan solo de 8°C, que en comparación a las otras mediciones no es una diferencia tan marcada.

La siguiente medición, temperatura de la manguera, al igual que en las experiencias de invierno, fue la que tuvo las temperaturas más elevadas en todas las mediciones realizadas.

Acá nuevamente las diferencias entre las experiencias sin película y con película, son fuertemente marcadas.

La temperatura máxima obtenida fue de 90°C en la cuarta experiencia, siendo mantenida de 12-2pm. La segunda experiencia por el contrario fue la obtuvo temperaturas más bajas, teniendo esta 56°C a las 12pm, lo que muestra una diferencia de 34°C entre las dos experimentaciones. Esta fuerte diferencia demuestra nuevamente que las experimentaciones con la película reflectiva afectan de manera importante la captación de calor e impide la eficiencia del sistema.

Esta temperatura debe mantenerse siempre elevada, esto con el fin de calentar apropiadamente el agua y que esta misma consiga la presión suficiente para hacer el recorrido por todas las cúpulas hasta el tanque de almacenamiento.

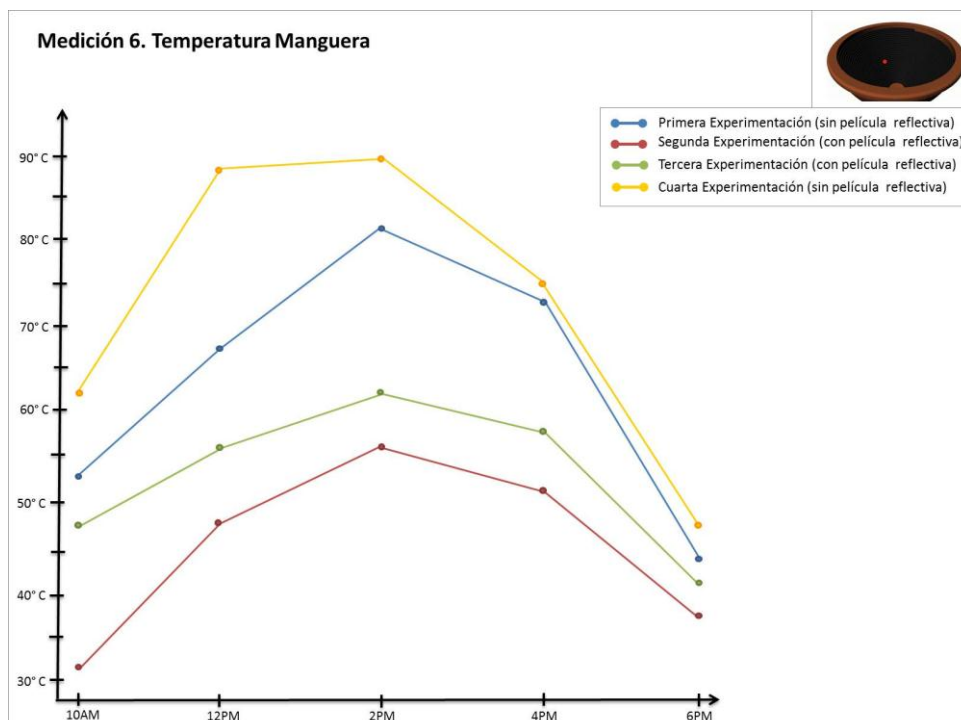


Figura 65. Gráfica de la medición seis de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

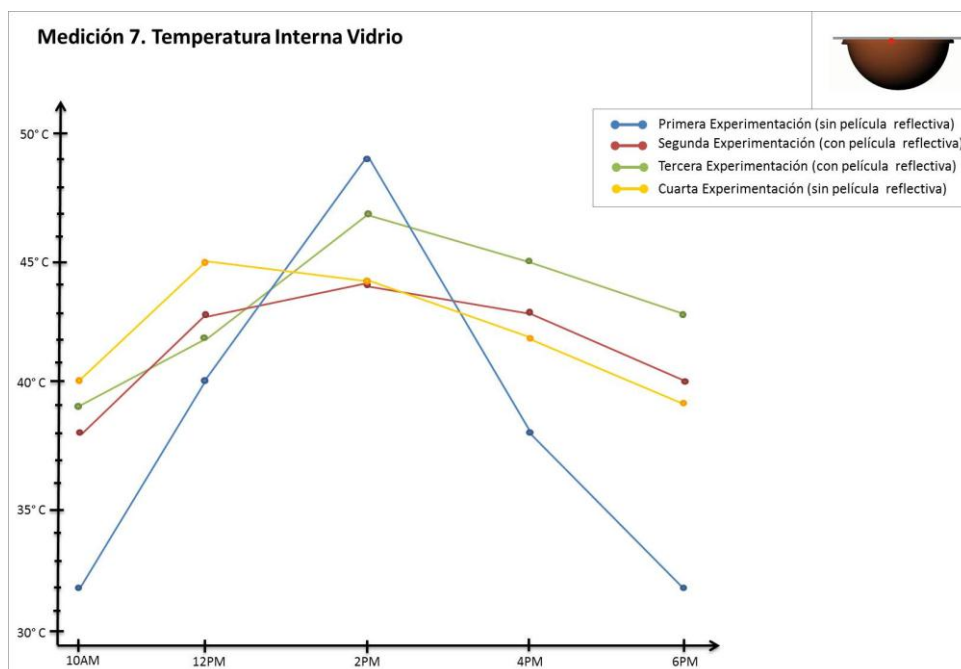


Figura 66. Gráfica de la medición siete de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

La gráfica de la figura anterior es la temperatura interna del vidrio. En esta medición los datos fueron similares en todas las experimentaciones, teniendo tan solo diferencias de 5-8°C entre experiencias. Al ver la semejanza de temperaturas en esta gráfica, se observa como la película reflectiva no influye tanto en las mediciones, esto porque está justamente pegada al vidrio, por tanto la radiación es completamente directa.

En esta medición las temperaturas no pasan de 49°C por parte de la primera experiencia. Ya la segunda experiencia que estaba con película tuvo una mínima de 44°C, por tanto solo fue una diferencia de 5°C.

Al igual que el comportamiento de la medición de la temperatura interna del vidrio, la siguiente medición, temperatura externa del vidrio mantiene una similitud entre todas las experiencias. Esto, porque la película al estar pegada en el vidrio no interfiere en la incidencia solar y por ende en el calentamiento.

Las temperaturas en la parte externa del vidrio varían de 38°C-60°C, sin embargo esto al ser solo una temperatura externa no influye de manera importante las temperaturas internas de la cúpula.

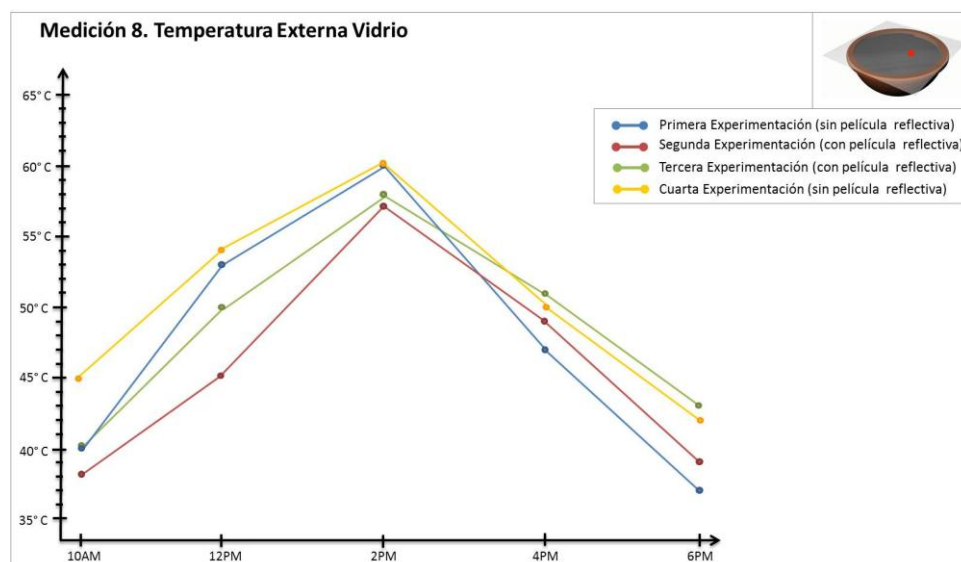


Figura 67. Gráfica de la medición ocho de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

La última medición, fue la temperatura del agua. Esta fue hecha en el momento de entrar justamente al tanque. Sin embargo, no era la medición del

agua del tanque en general, sino exactamente la que entraba a través de la manguera de la cuarta cúpula.

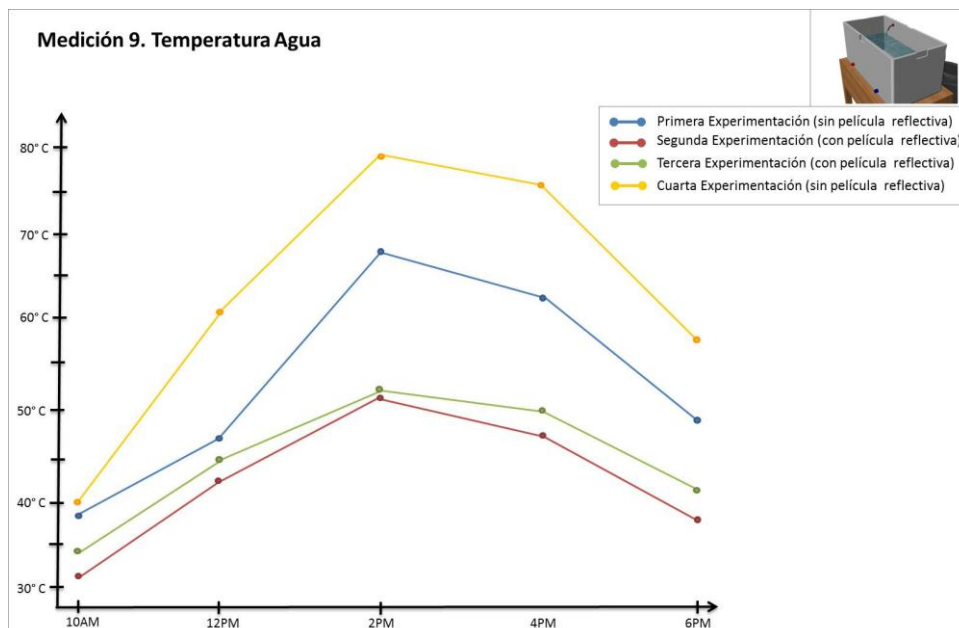


Figura 68. Gráfica de la medición nueve de temperaturas en época de verano. Fuente: Propia.

Esta medición es fundamental, ya que permite ver la eficiencia de todos los elementos del sistema. Los datos muestran que en definitiva las experimentaciones con la película reflectiva no son positivas y afectan notablemente la temperatura interna de las cúpulas, sus elementos y por ende la del agua.

La temperatura máxima obtenida fue de 79°C dentro de la cuarta experimentación -que no poseía la película reflectiva-, logrando por poco el punto de ebullición del agua. La primera experimentación, también logró temperaturas importantes estando alrededor de 68°C. La segunda y tercera experimentación, que poseían la película reflectiva, obtuvieron temperaturas similares, siendo la máxima 53°C. Esto en comparación con la temperatura obtenida en la cuarta experimentación, hace una fuerte diferencia de 30°C.

Al ver entonces esta diferencia tan marcada entre las experiencias y siendo tan fundamental esta última medición para la eficiencia del sistema, se ve la importancia en eliminar la película reflectiva como elemento del sistema.

Finalizando entonces estas experiencias de verano, se concluyen ciertos puntos.

Como *primera conclusión*, se afirma la ineficiencia de la película reflectiva como estrategia para aumentar la temperatura y por ende el calor. La película, como ya fue mencionado anteriormente, posee dos caras, una reflectiva y otra negra translúcida, sin embargo esta es demasiado oscura y no permite que la radiación solar pase directamente, atrapando la incidencia en la película y perdiendo radiación importante y por ende un poco de concentración de calor. De esa manera debe ser eliminada como elemento del sistema.

Como *segunda conclusión*, se observa como las tres variaciones hechas a lo largo de las experimentaciones –modificación en la forma de la base de las cúpulas, alteración en la altura de la base del tanque e inclinación grupal de las cúpulas junto con la base para eliminar sombras-, permiten conseguir el objetivo del sistema y su eficiencia. Se logró generar todo el recorrido del agua por las cuatro cúpulas, llegando hasta el tanque con temperaturas casi del punto de ebullición.

Como *tercera conclusión*, se logra ver como el agua consiguió una temperatura adecuada para realizar todo el recorrido en las cuatro cúpulas hasta el tanque de almacenamiento, es decir fue posible desarrollar el principio de termosifón.

Como *cuarta conclusión*, se observa la posibilidad de procesos de cocción simples, tomando como ejemplo un huevo. Dentro del sistema, al igual que cualquier fogón hay que controlar los tiempos, de tal manera el alimento no excede su cocción, como sucedió en la experimentación con el huevo, que fue expuesto demasiado al sol, sin embargo esto ya es un tema que se tomará en futuros trabajos.

Como *quinta y última conclusión* de estas experimentaciones en verano, se identificaron en esta ocasión –a diferencia de las experiencias en invierno- cinco temperaturas fundamentales, las cuales deben estar elevadas para permitir una mayor concentración de calor dentro de las cúpulas y por ende un funcionamiento del sistema.

Esas cinco temperaturas son: Temperatura interna inferior de la cúpula, Temperatura interna superior de la cúpula –estas dos son las temperaturas ambientales dentro de la cúpula-, Temperatura superficie interna de la cúpula, Temperatura de la manguera y Temperatura del agua.

Para concluir este capítulo, se observa de manera exitosa como se logró el funcionamiento del sistema. Cada fundamentación abarcada en este capítulo fue imprescindible para entender aspectos formales y funcionales que debían ser impuestos en el diseño del sistema.

Cada experimentación proponía como a partir de elementos y materiales simples y asequibles en zonas rurales podían ser implementados en el desarrollo de este sistema de calentamiento de agua solar. Claramente este experimento hecho con este sistema, demuestra la posibilidad de desarrollar este tipo de investigaciones, que con pocos elementos se logra desarrollar un proyecto que generará en muchas poblaciones de zonas rurales una mejora en algunas condiciones de su vida, de aprendizaje y de aprovechamiento de lo que la naturaleza expone a nuestro alrededor.

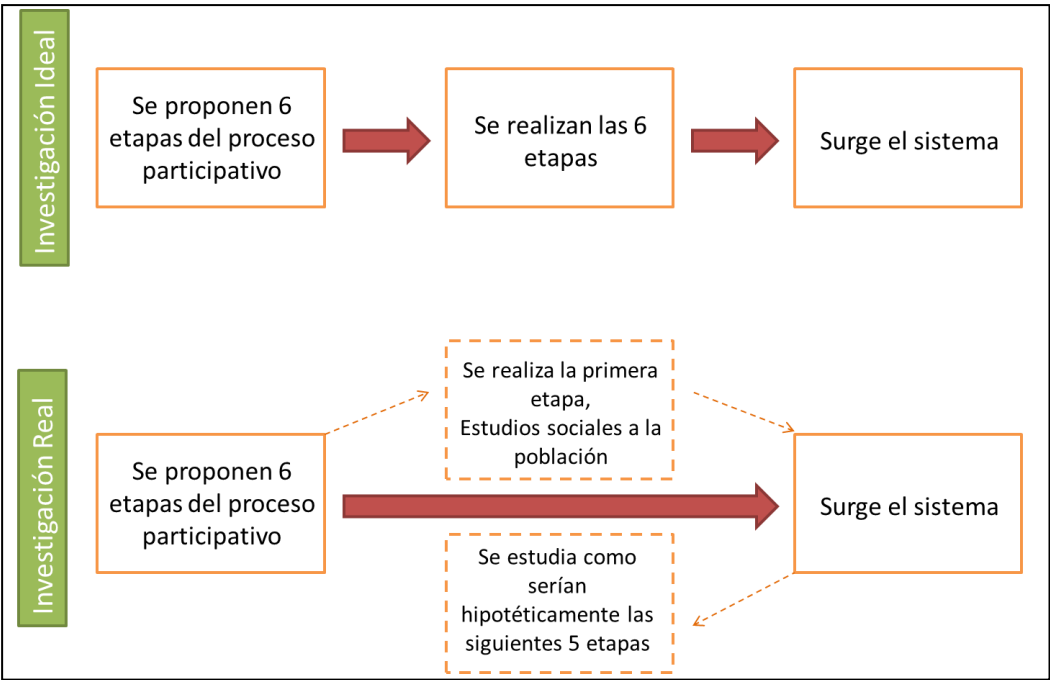
El siguiente capítulo será finalmente la prospección de estudio de caso donde hipotéticamente se entenderá como podría ser el proceso participativo de la población de Sampaio Corrêa, a través de este de igual forma se entenderá como llegar y realizar las experimentaciones realizadas en este capítulo y por ende la definición del diseño del sistema todo de forma hipotética para comprender como sería originalmente el proceso dentro de esta investigación.

5.

Prospección de Estudio de Caso

A partir de la construcción de esta investigación, de acuerdo a las alcances reales tanto económicos como los relacionados al tiempo que abarcó esta maestría, este capítulo mostrará cómo sería hipotéticamente el proceso participativo, el cual fue planteado en el capítulo dos, después del análisis de los conceptos sobre Diseño Participativo realizado por los autores. Esto, con el fin de entender como sería el proceso real de participación de la población de Sampaio Corrêa, en el municipio de Saquarema, R.J, así este análisis permitirá comprender como podría ser este estudio en futuros trabajos.

Por tanto dentro del capítulo se observará la diferencia entre la investigación real y la investigación ideal.



Cuadro 13. Proceso en la Investigación Ideal y en la Investigación Real.
Fuente: Propia.

En la investigación ideal, como se ve en el esquema, al proponerse las seis etapas del proceso participativo, inmediatamente se realizan cada una de ellas, al finalizar todo ese proceso de análisis de la población, conjunto con los aportes de ideas de cada uno de los habitantes, conllevarán a la definición del diseño del sistema y por ende a su construcción. Finalmente se analizan todas estas etapas y se da una conclusión del desarrollo de la participación por parte de la población.

Todas las experiencias realizadas con el aprovechamiento de la energía solar, estarían siendo desarrolladas en esta investigación ideal en la etapa tres y cinco del proceso participativo, que en el ítem 5.1 se entrará en detalle.

En la investigación real, de acuerdo al cuadro 13, al proponerse las seis etapas del proceso participativo en el capítulo dos, hace un paso directo hacia el desarrollo y definición del sistema. Pero en medio de ese paso, se realiza la primera etapa del proceso, que son los estudios sociales a la población de Sampaio Corrêa, siendo el capítulo tres como fue visto en la construcción de la investigación. Después de hacer estos análisis sociales y espaciales a la población se hace el desarrollo y definición del sistema a través de la identificación de ciertas características formales y funcionales identificadas en el estudio del contexto de la población, junto con el análisis de conceptos básicos sobre energía solar, a partir de ahí fueron extraídas las características necesarias para que el sistema cumpliera con un cierto requisito de eficiencia.

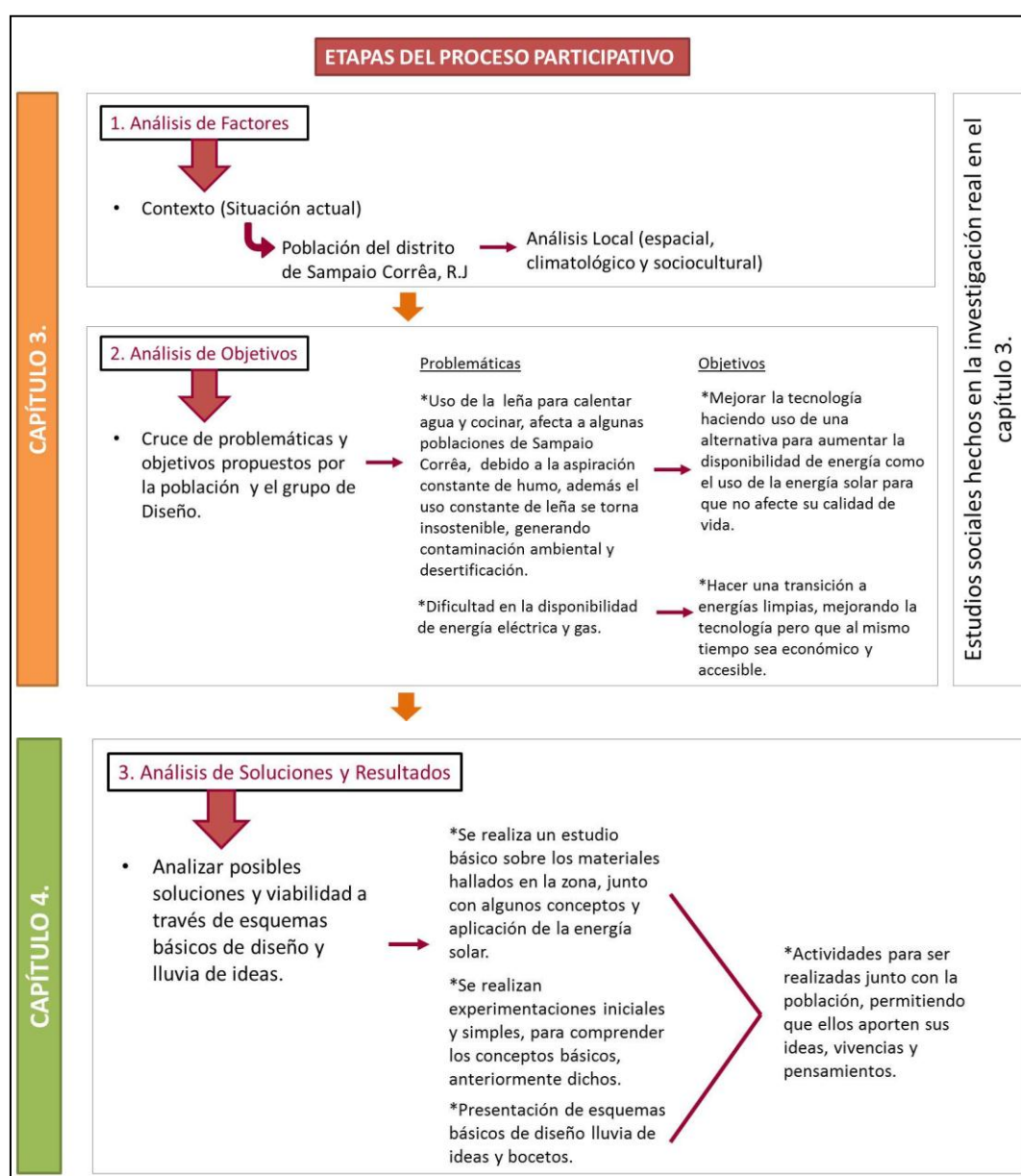
De esta manera, entendiendo la diferencia de la Investigación ideal sobre la Investigación real, el siguiente ítem, entrará en detalle como hipotéticamente debería ser el proceso participativo de la población de Sampaio Corrêa y por ende como debería ser la construcción de este proyecto para futuros trabajos.

5.1. Etapas del proceso participativo en la investigación ideal

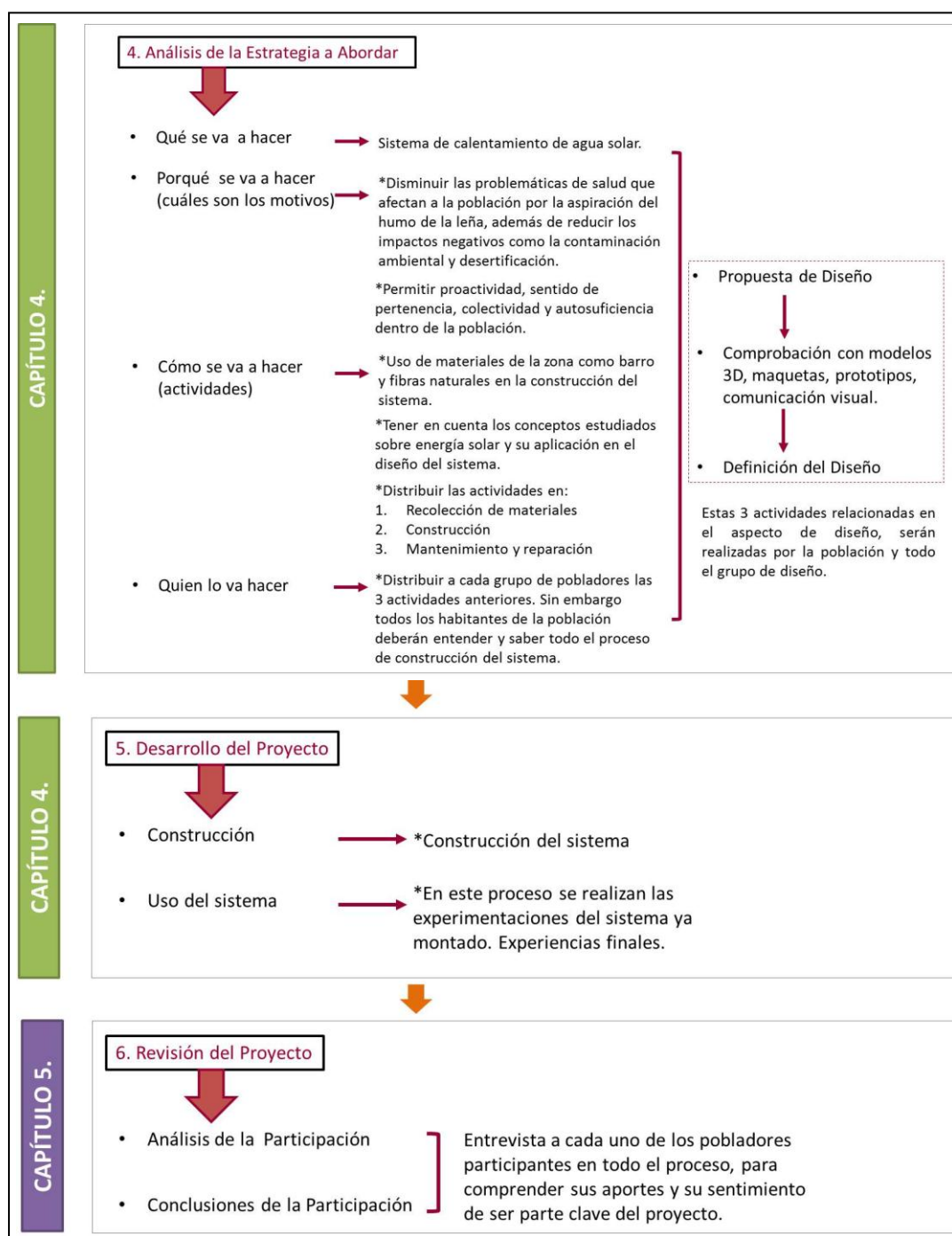
Dentro del capítulo dos, después del estudio teórico hecho al concepto de Diseño Participativo, como parte de las consideraciones finales se propuso un proceso participativo que consta de seis etapas –cuadro 3-, las cuales serán abarcadas en la población seleccionada para esta investigación, siendo esta el distrito de Sampaio Corrêa, en el municipio de Saquarema, R.J.

A través de estas etapas se puede ver un entendimiento detallado tanto del contexto de la población, a nivel espacial y ambiental, junto con aspectos socio-culturales, que permiten comprender tanto individualmente como en conjunto a la población, observando sus percepciones, ideas, pensamientos y sentimientos, a través de sus aportes, demostrando que ellos deben ser pieza fundamental del desarrollo y definición de todos los aspectos del diseño del Sistema.

A continuación se podrá observar a través de los siguientes cuadros las etapas del proceso participativo ya planteado en el capítulo 2, pero ya en este caso será un abordaje hipotético para futuros trabajos.



Cuadro 14. Primeras tres etapas del proceso participativo Fuente: Propia.



Cuadro 15. Últimas tres etapas del proceso participativo Fuente: Propia.

En la primera y segunda etapa, *Análisis de Factores* y *Análisis de Objetivos*, se hicieron estudios sociales de la población de Sampaio Corrêa, con la cual se trabajó a lo largo de esta investigación. Allí, se hizo un análisis espacial, climatológico y sociocultural, con el fin de entender detalladamente la forma en la que vivían en esta población, sus relaciones sociales individuales y colectivas. Además de comprender también las características espaciales, que materiales

naturales presentaban y además de ver las características climatológicas del contexto. En este análisis se encontró que aún se hace uso de una fuente energética como la leña, expresado por los mismos pobladores que empieza a ser un inconveniente para su calidad de vida, afectando su salud, además de reconocer que su uso intenso puede traer impactos negativos en el ambiente.

Después de este análisis inicial, se encuentra la segunda etapa, *Análisis de Objetivos*. En este punto al haber indagado ya las problemáticas a nivel local y global -como panorama de la situación actual- se analizan cuáles pueden ser los objetivos, relacionándolos con las problemáticas. Acá la población propone algunos objetivos que deben ser cumplidos a lo largo de toda la investigación, como pueden ser observados en el cuadro 14 algunos de ellos, fueron: mejorar la tecnología haciendo uso de una alternativa para aumentar la disponibilidad de energía como el uso de la solar, pero que al mismo tiempo sea económico y accesible, haciendo uso de materiales hallados en la zona. Estas dos etapas lograron ser realizadas en la investigación real en el capítulo 3, de igual manera dentro de la investigación ideal también estarían abordadas en el mismo capítulo. En esta etapa inicia la participación como tal de la población, dando sus opiniones y puntos de vista.

La tercera etapa, *Análisis de Soluciones y Resultados*, hace énfasis en las posibles soluciones y viabilidad del proyecto. Teniendo acá definido que se desarrollará un sistema enfocado con el aprovechamiento de materiales naturales hallados en la zona, junto con el uso de la energía solar, se debe realizar un estudio básico sobre la energía solar térmica y su forma de aplicación, junto con las características técnicas de aquellos materiales. De esta manera al identificar ciertos conceptos en este estudio se pasa a realizar algunas experimentaciones iniciales y básicas para comprender estos conceptos y de qué manera se deben aplicar a una mayor escala en el sistema. Estas actividades dentro de la investigación real fueron desarrolladas en el capítulo cuatro, justamente en el inicio del mismo, hasta llegar al ítem 4.2.2. Finalmente al tener ciertos conceptos técnicos establecidos para el diseño del sistema, se realizan una lluvia de ideas, esquemas básicos de diseño y algunos bocetos para empezar a visualizar que será realizado. Todas estas actividades tanto de estudios y

aprendizaje sobre energía solar y conjuntamente con actividades ya netamente en el campo del diseño serán realizadas por toda la población y el grupo de diseño.

La cuarta etapa, *Análisis de la Estrategia a Abordar*, se define qué se va a realizar, porqué, cómo y quién lo realizará. Acá ya se define la propuesta de un sistema de calentamiento de agua solar como abordaje para cumplir con las posibles soluciones a las problemáticas junto con los objetivos. Dentro del cómo se va a hacer, se propone el aprovechamiento de materiales naturales encontrados justamente en la población como el barro y algunas fibras naturales para la construcción del sistema, teniendo en cuenta los conceptos básicos estudiados sobre la fundamentación en energía solar y su aplicación. De tal forma se identificarán tres actividades dentro del proceso del sistema, como: Recolección de los materiales dentro de la zona, Construcción del sistema y Mantenimiento-Reparación del mismo. Dentro del quien lo va a hacer, se seleccionarán grupos dentro de la población para ser los responsables del desarrollo de cada actividad, sin embargo cada uno de los pobladores deberá entender y saber en detalle sobre todo el proceso de desarrollo del sistema, así permite que todos los pobladores sean fundamentales en todas las actividades. Al finalizar cada una de estas estrategias se hace una propuesta formal y funcional del sistema, logrando comprobar su viabilidad en términos técnicos a partir de modelos 3D, maquetas y prototipos, permitiendo al finalizar la definición del diseño del Sistema de calentamiento de agua solar. Todas estas actividades claramente serán ejecutadas por la población junto con el grupo de diseño.

La quinta etapa, *Desarrollo del Proyecto*, es la construcción y uso del sistema. Acá se realizarán todos los aspectos constructivos del sistema, desde la recolección de los materiales como el desarrollo del mismo, dejando la actividad de mantenimiento y reparación en la sub-etapa de Uso. En esta última sub-etapa, uso del sistema, se realizarán las experiencias finales del mismo ya montado. Aquí probablemente surgirán inconvenientes técnicos que solo a escala real podrán ser vistos, de tal forma será válido si se deben realizar algunas modificaciones al diseño del Sistema, esto con el fin de lograr la eficiencia del sistema y de la misma forma permitir corregir errores del diseño del Sistema planteados tanto por la población como el grupo de diseño. Este proceso de experiencias finales fue abordado en la investigación real en el capítulo cuatro, en el ítem 4.2.2.

Finalmente, la sexta etapa es la *Revisión del Proyecto*, aquí se realizaron todos los análisis y las conclusiones de la participación. Aquí para comprender esas conclusiones se realizarán entrevistas a la población de Sampaio Corrêa con el fin de entender que les deja la participación en la investigación, sus aportes y el sentimiento de utilidad y pieza fundamental a lo largo del desarrollo del proyecto.

Ahora en la investigación real para dar un soporte a la comprensión de este punto, se realizó una entrevista a uno de los ayudantes del Departamento de Arquitectura, el cual estuvo fuertemente relacionado en cada etapa del proceso durante los dos años de la investigación, además de comprender estrechamente la población de Sampaio Corrêa, primero, por tener algunos de sus familiares viviendo allí y segundo porque su vivienda es próxima a esta población, de tal forma, él está completamente relacionado con la situación actual, sus inconvenientes, sociales y ambientales y finalmente, al haber acompañado todo el desarrollo del proyecto, es la persona idónea para concluir todo este proceso participativo en la investigación real.

Se realizó una entrevista semi-estructurada⁵⁶ compuesta por siete preguntas, con respuesta directa, la cual es mostrada a continuación.

Entrevista realizada al ayudante del Departamento de Arquitectura de la PUC-Rio	Duración: 8 minutos Número de preguntas: 7 Tipo de preguntas: Abiertas
<p>1. ¿Cómo cree que fue su participación en este proceso de dos años? Entrevistado: Fue interesante participar en este proyecto el cual fue innovador y donde el mismo va a hacer diferencia, no sé si ahora, pero puede ser de aquí a unos años. Siento que en realidad mi participación fue útil e importante, ya que pude colaborar en un proyecto el cual ayudará a muchas poblaciones, por tanto todo mi trabajo lo hice con mucha alegría y disposición.</p>	

Cuadro 16. Primera pregunta de la entrevista realizada como conclusión del proceso participativo en la investigación real. Fuente: Propia.

⁵⁶ Serie de preguntas abiertas hechas verbalmente en un orden previsto, pero en el cual el entrevistador puede agregar preguntas para aclarar. (LAVILLE, C, DIONNE, J. 1999, p. 188).

2. ¿Cuáles cree que fueron sus aportes en el proyecto?

Entrevistado: Creo que hice una diferencia en algunas de las modificaciones que tuvieron que ser hechas en el proyecto, propuse muchas ideas, las cuales fueron aceptadas, por tanto creo firmemente que mi participación fue fundamental en la investigación.

3. ¿Considera que es capaz de enseñar lo aprendido en todo este proceso a otras poblaciones?

Entrevistado: Creo que si, en realidad a lo largo de estos 2 años quiero admitir que aprendí muchas cosas, además de aprender a hacer y pensar de lo que estábamos haciendo, por eso creo que sí puedo pasar este conocimiento a otras personas, además de toda la experiencia que obtuve a lo largo de todo este proyecto, con seguridad que podría, quedó bien grabado en mi mente.

4. ¿Cuál fue su percepción al ver que el sistema a nivel técnico funcionó?

Entrevistado: La verdad la felicidad que sentí fue enorme, sentí que todo el deber durante estos dos años fue cumplido, que nuestro objetivo fue logrado, no era solamente hacer un proyecto, sino era hacerlo funcionar y por eso repito la alegría que sentí fue enorme al ver que todo el trabajo durante todo este tiempo culminó satisfactoriamente.

5. ¿Conociendo las situaciones de la población, cree que el sistema realmente va a ayudar a la población?

Entrevistado: Con seguridad que ayudará y mucho. Las condiciones de la población, al estar en medio de la sierra y el bosque tropical, a veces genera un clima de desierto, de día cuando hace sol, las temperaturas suben exageradamente, es demasiado caliente, ahora en la noche, realmente hace frío. Yo viví allí aproximadamente tres meses y pude observar eso. Así, creo definitivamente que será un proyecto que ayudará mucho a la población, además si más adelante podemos hacer algunas mejoras de todo el sistema, con seguridad que lograremos desarrollar algo mucho más avanzado, que no sea solo calentar agua y cocinar, sino algo que lograra otro tipo de actividades que beneficien más a la población y otras poblaciones.

Cuadro 17. Preguntas de la entrevista realizada como conclusión del proceso participativo en la investigación real. Fuente: Propia.

6. ¿Objetivamente, qué cosas positivas le deja el proyecto?

Entrevistado: En realidad el proyecto me deja muchas cosas positivas, al ver que todo fue desarrollado y que se logró todo el funcionamiento, fue muy positivo para mí. Este proyecto en realidad fue una clase para mí y el conocimiento adquirido fue muy grande, todas las orientaciones que el profesor Betim daba y al ver que muchas de las propuestas no funcionaban y recomenzar muchos procesos, todo con el objetivo de cumplir la eficiencia del sistema es una enseñanza muy grande, además de ver que a partir de materiales tan simples, hallados en estos contextos rurales, logramos hacer funcionar un sistema que con seguridad ayudará a muchas poblaciones.

7. ¿Finalmente, cree que el proyecto cumplió con los objetivos?

Entrevistado: Si, nuestro objetivo era ver como con estos materiales naturales éramos capaces de lograr el funcionamiento de este sistema, igual, como hablé anteriormente es un proceso de optimización, muchas mejoras deben ser realizadas, pero definitivamente creo que si cumplió, logramos hacer funcionar a este sistema natural, que no afecta al medio ambiente y además logrará ayudar a muchas poblaciones con enfrentan diariamente situaciones complejas, creo que logramos darle vida a este proyecto.

Cuadro 18. Últimas dos preguntas de la entrevista realizada como conclusión del proceso participativo en la investigación real. Fuente: Propia.

En esta entrevista realizada al ayudante del departamento de Arquitectura de la PUC-Rio, se pudo observar cuán importante fue su papel dentro de la investigación, no solamente en los aspectos técnicos sino en toda la toma de decisiones, proponiendo ideas e interactuando de manera activa

En cada una de las preguntas el enfoque era tratar de percibir el sentimiento de proactividad y el hecho de sentirse útil en esta investigación, de esa manera las preguntas fueron directas en pro de conocer el sentimiento generado hacia al ayudante. Esta entrevista dejó ver cuán importante se sintió él en todo este proceso, demostró que su intervención realmente fue valorada y fundamental, además de comprender como una persona que entiende todo el contexto rural y sus problemáticas, valora la actuación de un proyecto que conlleva a situaciones socioambientales muy positivas.

Una de las preguntas importantes, fue saber si en realidad era capaz de enseñar a otras poblaciones lo aprendido a lo largo de estos dos años, él de forma

muy positiva afirmó que tenía la suficiente experiencia para transmitir este conocimiento a otras poblaciones, de tal forma se observa toda la importancia del haber participado durante estos años de investigación, ya que permitió que él mismo haya adquirido no solo el conocimiento sino la confianza y la objetividad de enseñar este mismo proceso y de conducirlo, para que así otras poblaciones sea beneficiadas de la misma manera.

Finalmente, él mismo concluye la entrevista afirmando que fueron cumplidos los objetivos propuestos en esta investigación real. Al ver el sistema funcionar, después de todo este proceso y después de tantos errores y modificaciones le queda al ayudante una gran alegría y satisfacción de haber logrado y cumplido lo propuesto.

Como conclusión de este capítulo, se percibe como sería hipotéticamente el proceso participativo en la investigación ideal. Aquí fue posible percibir como en futuros trabajos la participación de la población de Sampaio Corrêa debe actuar y responder y de qué manera su aporte y trabajo se convierte fundamental en el desarrollo del Sistema, permitiendo que su contribución les genere proactividad, sentido de pertenencia, autosuficiencia y sentimiento de utilidad e importancia.

Este Sistema de calentamiento de agua solar permite que alrededor de él se generen roles sociales de bien estar, aprovechando eficientemente los recursos disponibles que la naturaleza presenta y así es posible ver como la relación entre Sustentabilidad y Diseño se encuentran enganchadas para generar una oportunidad en la mejora de la calidad de vida de estas poblaciones sin afectar los ciclos naturales.

6.

Conclusiones

Esta investigación tenía el propósito de entender la relación entre Diseño y Sustentabilidad en poblaciones de zonas rurales y de qué manera a través del mismo era posible llegar a la propuesta de diseño de un Sistema que ayudara a mejorar su calidad de vida enfocada al uso constante de leña, trayendo perjuicios a la salud de la población especialmente mujeres y niños y al mismo tiempo disminuir algunos impactos negativos sobre el ambiente como la contaminación ambiental y la desertificación, causada por el uso insostenible de la leña.

Los lazos entre los aspectos sociales y ambientales son desde cualquier punto dentro de la investigación, una relación indisociable por tratarse de un estudio sobre sustentabilidad. Esa relación indisociable entre la sociedad y medio natural dentro de la investigación, fue abordada a través del Diseño Participativo y la Sustentabilidad Ecológica, cada uno de estos conceptos tenían el objetivo de mantener esos lazos socioambientales pero desde los enfoques del Diseño.

A partir del Diseño Participativo se logró comprender una serie de relaciones entre actores sociales, donde se utilizó como prospección de estudio de caso las poblaciones de zonas rurales en el distrito de Sampaio Corrêa, R.J. A partir de este concepto se comprendió como es la forma de vivir de estas poblaciones, se identificaron una serie de características y ciertas problemáticas que llevaron a proponer una práctica de participación basada en la equidad y en la mejora de la calidad de vida, creando a través del Diseño, seres humanos útiles, capaces, autosuficientes, proactivos y con sentido de pertenencia.

En este concepto de Diseño Participativo se extrajeron ciertos conceptos que permitieron plantear un proceso participativo que consta de seis etapas, donde las primeras etapas se enfocaron en realizar estudios sociales a la población de Sampaio Corrêa, identificando las problemáticas en relación a la utilización de la leña y al mismo tiempo, siendo la población quien definió las soluciones y objetivos en base a esas problemáticas, donde específicamente expresó que se

debería mejorar la tecnología haciendo una transición a energías más limpias como la solar, pero que al mismo tiempo sea más económica y accesible. Estos estudios sociales realizados en la población fueron abordados en el capítulo tres, dejando las siguientes etapas del proceso participativo para ser estudiadas hipotéticamente en el capítulo cinco, como comprensión de cómo podría ser ese proceso de participación a través de las poblaciones en futuros trabajos.

Esto fue estipulado debido a que los alcances de este proyecto, tanto económicos como a los referentes del tiempo, obligaron que se generara una diferencia entre la investigación real –como fue mostrado en este documento- y la investigación ideal, que deja el proceso participativo de la población de Sampaio Corrêa para ser estudiado hipotéticamente y tener presente como podría ser su proceso para futuros trabajos, estando intrínsecamente dentro de ese proceso las experiencias con los materiales naturales y aprovechamiento de energía solar, que permitieron la definición de conceptos técnicos en el Sistema de calentamiento de agua solar. Dentro de ese hipotético caso del proceso participativo visto en el capítulo cinco se identificó que se haría, quienes harían un proceso determinado, como y porque lo harían y al tener esta división definida se iniciará con la etapa constructiva que generará una serie de roles sociales entre los pobladores, permitiendo afianzamientos entre ellos y percibiendo que cada uno es indispensable y al mismo necesita de los otros para completar su labor.

Dentro de la investigación real el concepto de Sustentabilidad Ecológica determinó las experiencias realizadas a lo largo de toda la investigación. A partir de acá se definieron una serie de particularidades como el aprovechamiento de materiales naturales, al igual que el uso de energías más limpias como la solar. De este modo se observa como a partir de pocos elementos, disponibles en las poblaciones, se logra llegar al diseño del sistema de manera simple y sustentable.

Los materiales principales, barro y el sisal, lograron un óptimo entrelazamiento, el cual fue ideal para mantener la estructura de las cúpulas, impidiendo que las mismas se quebraran, aclarando que la cubierta de gaza ayuda aún más a mantener la fuerza en las piezas de barro. Evidentemente se debía tener precaución respecto al material, ya que al estar las cúpulas expuestas al ambiente, lógicamente recibirían contacto directo con la humedad y el agua, de esa manera

al realizar la aislación permitió proteger eficientemente las cúpulas, además de haber realizado este proceso con materiales nuevamente simples y disponibles en cualquier población, como el periódico y pegamento mezclado con agua.

Por tanto, el comportamiento de todos los materiales utilizados en la construcción de los colectores, es decir las cúpulas, fue óptimo y se puede decir que logró cumplir con las expectativas, además al estar expuesto a altas temperaturas y con casi ocho horas de radiación solar directa, logró demostrar que los materiales seleccionados fueron los propicios para este tipo de experimentos.

Las temperaturas alcanzadas a lo largo de la investigación, tanto en invierno como en verano fueron importantes, más específicamente en verano, donde alcanzaron casi los 100°C en las mediciones de la manguera y del agua que estuvo alrededor de 80°C. Estas temperaturas logradas dentro del sistema permitieron cumplir con el funcionamiento del mismo, demostrando que todos los elementos dispuestos dentro de él, además de las técnicas y principios físicos determinados, fueron fundamentales a la hora de aumentar las temperaturas. Sin embargo así como fue demostrado en las experiencias, la película reflectiva impidió un aumento en las temperaturas y por el contrario las disminuía, por tanto para lograr una optimización del sistema fue necesario retirarla. De igual manera a lo largo del proceso se realizaron algunas modificaciones en las bases tanto del tanque como de las cúpulas que permitieron que el funcionamiento del sistema fuera eficiente, esto logró el recorrido total del agua dentro de las cuatro cúpulas, empujando finalmente la misma hasta el tanque de almacenamiento, consiguiendo de esta manera el efecto de termosifón y por tanto la eficiencia del sistema.

Cada decisión tomada dentro del diseño del sistema se basó en la fundamentación teórica sobre energía solar, tanto los aspectos formales como funcionales fueron obtenidos gracias a los colectores solares de baja y media temperatura, junto con principios físicos de efecto de invernadero y reflectancia, estos, implementados como estrategias en el aumento de la temperatura. Finalmente, el uso del sistema A.C.S. (agua caliente sanitaria) como referencia funcional fue fundamental en el diseño del sistema. Cada característica de estos sistemas fue implementada en el diseño, permitiendo que dentro del sistema propuesto en esta investigación, cumpliera con los objetivos planteados en cuanto al calentamiento de agua.

Por otra parte, aunque no fue el tema relevante de esta investigación real, se quiso estudiar las posibilidades de cocción dentro del sistema, de esta manera se tomó como ejemplo un huevo. El sistema como tal logró cocerlos, sin embargo al no tener noción acerca del tiempo de cocción, se podría decir que fue casi evaporada la clara, en consecuencia, excedió su tiempo de cocción. Por el contrario la yema logró estar completamente cocida, lo que afirma que es posible cocinar este tipo de alimentos por ahora, sin embargo como todo fogón o estufa, se debe controlar el tiempo de cocción. Este estudio simple y corto sobre cocción dentro del sistema, solo quiso dejar una referencia como iniciación de un posible incorporamiento de un subsistema de cocción en el sistema como propuesta para futuros trabajos,

Se ve entonces como a través de la simplicidad, con tan pocos elementos técnicos y con materiales disponibles en contextos rurales, se demostró la capacidad funcional y la eficiencia del sistema, claramente son muchas mejoras las cuales deben ser realizadas pero como primer experimento los resultados fueron altamente positivos.

Finalmente queda como conclusión final que este sistema permite que se generen roles sociales, todo encaminado hacia el bien estar, la equidad y la mejora de la calidad de vida de las poblaciones en Sampaio Corrêa, R.J, aprovechando eficientemente los recursos disponibles encontrados en la zona para interponer lo menos posible los ciclos naturales.

6.1. Sugestiones para futuros trabajos

Se sugieren cierto tipo de mejoras para lograr una eficiente técnica en el sistema, es decir, el agua debe llegar con más presión y por ende el aumento de la misma para optimizar el tiempo de uso de la cantidad de agua almacenada en el tanque. Esto puede mejorar elevando las temperaturas del sistema, además de lograr el punto de ebullición de la misma, esto con la finalidad de ser usada con fines culinarios. En paralelo, se propone plantear un subsistema de cocción, donde para esto es necesario que sean implementadas otras estrategias técnicas para incrementar las temperaturas y lograr cocinar algunos, o la gran mayoría de alimentos, teniendo la posibilidad dentro del sistema un tipo de control en los tiempos de cocción. Otro trabajo el cual sería interesante desarrollar es la posible

cocción del barro en el desarrollo de piezas cerámicas. Aquí lógicamente necesita de altas temperaturas, sin embargo se quiere observar como es el comportamiento del barro expuesto en estas condiciones, para esto ya se necesita de una optimización en los colectores solares, pasando de baja y media temperatura a colectores de altas temperaturas.

Ya en términos distintos en relación a las características técnicas del sistema, se propone desarrollar el proceso participativo planteado en el capítulo dos para ser abordado de manera sistémica, permitiendo el trabajo y el aporte de la población de Sampaio Corrêa, como fue mostrado en el hipotético caso en el capítulo cinco.

Referencias Bibliográficas

Referencia general

BEGON M. et al., **Fundamentos em ecologia**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2010.

BETIM, F. et al., **Fibrosolo como pele para construção: da tradição construtiva do homem do campo, aos espaços habitados pelo homem da cidade. Um conceito de aeração das moradias a partir da aplicação construtiva de cascas, placas e folhas de fibrosolo**. 2008. Tese (Doutorado)- Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2008.

BOMFIM, G.A. **Sobre a Possibilidade de uma Teoria do Design**. In: Estudos em Design, V.V, n.2. Rio de Janeiro: AEND, 1994.

BONSIEPE, G. **El diseño de la periferia: Debates y Experiencias**. México: G. Gili, 1985.

CARVALHO, M. OLIVEIRA, A. **Design sustentável ou social? Como os designers que fazem projetos para inclusão social e desenvolvimento sustentável caracterizam seu trabalho**. 2012. Dissertação (Mestrado)- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Artes e Design, 2012.

CASANOVA, J. BILBAO, J. **Curso de energía solar**. Valladolid, Universidad de Valladolid, 1993.

COMETTA, E. **Energia Solar: utilização e empregos práticos**. Trad. Norberto de Paula Lima. São Paulo: Hemus, 1982.

COUTO, R.M. **“Design como corpo de conhecimentos”**. Em: Movimentos interdisciplinares de designers brasileiros em busca de educação avançada. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro: Departamento de Letras, Pontifícia Universidade Católica, 1997.

COUTO, R.M. RIBEIRO, F. **Ensino de disciplina de Projeto em Curso de Design sob o enfoque do Design em Parceria.** Disponível em:

<http://www.puc-rio.br/sobrepuc/depto/dad/lpd/download/designemparceria.rtf>.

DALLARI, D. **O que é participação política.** São Paulo: Abril Cultural: Brasiliense, 1984.

FRASCARA, J. **Design and the Social Sciences.** New York: Taylor & Francis, 2002.

FORTY, A. **Objetos de desejo: design e sociedade desde 1750.** São Paulo: Cosac Naify, 2007.

KENSING, F. BLOMBERG, J. **Participatoy Design: Issues and Concerns.** Department of Computer Science, Roskilde University, Denmark, 1998.

KRIPPENDORFF, K. **A Trajectory of Artificiality and New Principles of Design for the Information Age.** Annenberg School for Communication, Departmental Pappers (ASC), University of Pennsylvania. Disponível em: http://repository.upenn.edu/asc_papers/95. 1997.

KRIPPENDORFF, K. **The Semantic Turn: A New Foundation for Design.** Boca Raton, London, New York: Taylor&Francis, CRC Press. 2006.

LAVILLE, C, DIONNE, J. **A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas.** Porto Alegre: Artes Médicas, Belo Horizonte: Ed. UFMG. 1999.

MANZINI, E. **Design para a inovação social e sustentabilidade.** E-papers serviços editoriais. Rio de Janeiro. 2008

MANZINI, E. VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis.** Trad. Astrid de Carvalho, São Paulo: Edusp, 2002.

MARQUARDT, B. **Historia de la sostenibilidad. Un concepto medioambiental en la historia de Europa Central (1000-2006).** In: Historia Crítica, n 32, Bogotá, 2006.

MASLOW, A. **El hombre autorrealizado: Hacia una psicología del Ser.** Barcelona, Editorial Kairós, 1993.

MIETTINEN, S. **Design Your Action: Social Design in Practice,** Publication series of University of Art and Design Helsinki, Helsinki, 2007.

ORTEGA, M. **Energías renovables.** Madrid: Thomson/Parainfo, 1999.

PALZ, W. **Energia Solar e fontes alternativas.** Paris: Unesco: São Paulo: Hemmus, 1981.

PAPANEK, Victor. **Arquitetura e design: ecologia e ética**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1995.

PAPANEK, Victor. **Diseñar para el mundo real: ecología humana y cambio social**. Madrid: H. Blume, 1977.

PAPANEK, V. **Edugrafología: Los mitos del Diseño y el Diseño de los mitos**. En: BIERUT, M., et al. **Fundamentos del Diseño Gráfico**. Ed: Infinito, Buenos Aires. 2001.

PAULON, E. G. **O rural e o urbano: É possível uma tipologia?** Em: Proposição teórico-metodológica de uma Cartografia Geográfica Crítica e sua aplicação no desenvolvimento do Atlas da Questão Agrária Brasileira. Tese de Doutorado. São Paulo: Departamento de Geografia, UNESP, 2008.

PEEL, M.C. FINLAYSON, B.L. MCMAHON, T.A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. In: **Hydrology and Earth System Sciences**. Victoria: Copernicus Publications, 2007. Disponible en: <http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/11/1633/2007/hess-11-1633-2007.pdf>

Sites

<http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm>.

<http://www.lai.fu-berlin.de/es/e->

[Learning/projekte/frauen_konzepte/projektseiten/konzeptebereich/rot_partizipacion/contexto.html](http://www.learning/projekte/frauen_konzepte/projektseiten/konzeptebereich/rot_partizipacion/contexto.html)

<http://participateindesign.org/about/participatory-design/>

<http://www.urd.org/Manual-de-la-participacion>

<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=330550>

<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>

<http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=330550&search=rio-de-janeiro|saquarema|infograficos:-historico>

Otras referencias

CEDESOL, Centro de Desarrollo en Energía Solar.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE –

Instituto Nacional de Meteorologia –INMET-