

RAMÓN GÓMEZ AGRESSOTT

CÁLCULO DE REFLEJOS Y DIMENSIONES EN ESPEJOS DE AGUA

**ANÁLISIS GEOMÉTRICO
DE LAS VISUALES EN ESPEJOS
PLANOS Y DE AGUA**





Cálculo de reflejos y dimensiones en espejos de agua

Ramón Gómez Agressott

*Análisis geométrico de las visuales
en espejos planos y de agua*

Ramón Gómez Agressott
Sultana del Lago Editores

Maracaibo, 2023.
PRIMERA EDICIÓN

HECHO EL DEPÓSITO DE LEY

ISBN: 9798388574312

Diseño de la portada:
Luis Perozo Cervantes

Diagramación y maquetación:
Sultana del Lago Editores

www.sultanadellago.com
+584246723597

Salvo lo dispuesto en los artículos 43 y 44 de la Ley sobre el Derecho de Autor, queda prohibida la reproducción o comunicación, total o parcial de este libro, siendo que cualquier individuo u organización que incurriere en la conducta impropia señalada, podrá ser perseguido penalmente conforme a lo establecido por los artículos del 119 al 124 eiusdem, constitutivos éstos del Título VII de la aludida ley y sin perjuicio de las responsabilidades civiles a las que pudiera haber lugar.

En el presente texto se establecen las fórmulas matemáticas necesarias para hallar las medidas exactas, en las tres dimensiones, desde el foco hasta el fondo, que deben tener los elementos del paisaje, para que puedan verse reflejados en los espejos de agua con una prevista precisión. Esto, conforme a la proyección del planificador (sin la necesidad de tanteos sobre la obra), con la aplicación de las leyes físicas de las perspectivas según los ángulos reales que plantea el campo visual humano y su ubicación.

Introducción

Una de las mejores impresiones que puede producir un determinado lugar es el efecto de los reflejos producidos por un estanque de agua que se halle inmerso en el paisaje. Este genera un impacto visual al duplicar la imagen de forma simétrica, vertical y virtual, algunas veces con tonos más intensos que los reales; y en otras con ciertos matices vítreos, lo cual, en ambos casos, incrementa el valor estético de la panorámica formada de manera natural.

Por ello resulta que, generalmente, los paisajes que contienen espejos de agua, ofrecen un mayor interés y son los adecuados para ser manipulados en la creación de las más atractivas visuales. Al encontrarse ya proveídos naturalmente, durante el largo proceso de la formación geológica del planeta, que ha dado por resultado grandes áreas cubiertas con el líquido, la única intervención del arquitecto consiste en buscar la mejor ubicación y la adecuación de uno o varios espacios para la contemplación y el disfrute del panorama con la mayor comodidad que el propio sitio permita.

No obstante, debido a la fascinación que los estanques de agua generan, se han construido numerosos de manera artificial, desde tiempos remotos y a todo lo largo y ancho del planeta. Se conoce que ya se concebían en el antiguo Egipto, aunque su objetivo en un principio era más como un elemento de climatización al amortiguar las altas temperaturas del verano seco del desierto sahariano.

A pesar de la longevidad en sus construcciones, al momento de ser planeados como elemento de uso visual, resulta una tarea compleja. Eso se debe a que diseñar encuadres rigurosos de una porción del paisaje que se va a reflejar sobre una superficie resplandeciente, la cual varía con el movimiento del enfoque, requiere de un análisis con medidas que incluyan desde el punto focal del paisaje hasta el fondo del mismo, donde el agua del estanque es solo uno de los elementos que conforman un sistema óptico de tres dimensiones que se observan en un plano de solo dos, de forma invertida y simétrica, dentro de la misma tridimensionalidad. Hasta el momento (aparentemente después de una exhausta búsqueda), no se había hallado la formulación matemática para proceder de forma correcta, hecho que ha obligado a realizar los inadecuados e imprecisos tanteos en plena etapa constructiva, lo cual resta asertividad a la etapa de su proyección.

El objetivo básico de éste texto es el de suministrar un método para calcular en primer término la medida de los reflejos que producen las figuras en el entorno del estanque sobre la superficie hídrica, y en base a ello, dimensionar, con la mayor precisión posible, a todo el resto de elementos que hacen parte del sistema de ilusión óptica de los espejos de agua, para que pueda planificarse en su totalidad de una manera eficaz y realmente anticipada.

Para ello es necesario conocer el comportamiento de los reflejos ante los frecuentes cambios focales, que

son quienes determinan las distintas mediciones, y la manera como se calcula la extensión del recorrido sobre la superficie horizontal del estanque, los cuales, generados por las diferentes alturas de las figuras expuestas en el lugar indicado. Y a partir de allí realizar un análisis completo de las tres áreas que conforman el sistema visual, para que la propuesta sea la más acorde a las condiciones proporcionadas por el lugar. Por lo tanto, se plantea, además del tamaño que debe tener el estanque de acuerdo al espacio disponible en su ubicación, las proporciones del resto del sistema, como son las alturas de las figuras que se van a reflejar en él, tanto la principal como las del fondo, y las distancias y los niveles de las mismas, junto con las características del foco, para que se establezcan los ángulos que encuadren la obra virtual dentro de la real, puesto que todas las magnitudes se hallan directamente relacionadas.

Se requiere es que desde el punto del foco, bajo condiciones de una relativa mayor comodidad, se aprecien de la mejor forma posible, las figuras reales y la totalidad de sus reflejos sobre la superficie del agua, bajo un ángulo en el cual exista un margen para que se refleje el fondo y la cúpula del cielo, como un cuadro o escenario creado y enmarcado artificialmente desde un enfoque previamente definido.

En el proceso se examinan una serie de ideas y fórmulas, estudiadas desde hace muchos siglos, pero que sorprendentemente carecían de interés a la hora de sentarse a diseñar este tipo de proyectos en

apariencia sencillos, tal vez porque debido al mismo hecho se hubiesen tomado sin la intensidad necesaria, o que, por costumbre se acudió a los tanteos en plena marcha de la obra, lo cual trajo por resultado una labor algo engorrosa; pero como puede verse, con éste procedimiento, se hacen imprescindibles para lograr la exactitud requerida, en el momento justo, o sea, el del planeamiento, y no en el del transcurso posterior de su construcción como ha sucedido hasta hoy.

Por lo tanto, este es el resultado de un trabajo que nació por la simple necesidad de planificar de manera directa y sin rodeos (la palabra justa es anticipada, como todo lo que se planifica, aunque en éste caso sea la excepción por lo que se ha expuesto), las diferentes dimensiones de todos los elementos que puede contener el entorno de un estanque cargado de agua.

Para poder llevar a cabo esta tarea, fue necesario retomar los estudios de la física de los espejos planos y de la reflexión de la luz, formulada desde el año 300 a.C. por el matemático y geómetra griego, Euclides, además de la del campo visual humano, de óptica, de la geometría y la psicología recreativas, que muestra hechos “curiosos” con lógica geométrica en el primer caso, y la forma como el cerebro interpreta las imágenes que los ojos observan, en el segundo. Consiguientemente no es nada nuevo; por el contrario, es sorprendente que hoy, con una serie de libros escritos, ninguno de los investigados vaya directo al tema de las enumeraciones, y más aún, con la avanzada tecnología del internet de la tercera

década del siglo XXI, donde todo pareciera que es sabido, se carezca de referencia de manera concreta a los cálculos de las dimensiones en los espejos de agua, especialmente después de que el autor escuchó de un profesor cuando apenas cursaba el segundo semestre del pregrado, en los años 80s, que era matemático y arquitecto, la frase “espejos de agua” por primera vez cuando dictó el programa a seguir, aunque no lo abordó debido al tiempo que se acortó después de frecuentes paros, los cuales “normales” para la época; pero la idea permaneció sin respuesta por más de treinta años, hasta el momento de abordarla con lógica y descifrarla en este texto. Aunque es posible que otros la hayan estudiado y solucionado anteriormente, resulta extraña la falta de información al respecto, o que no se tenga conocimiento del hecho. No obstante, ante la incógnita creada, el objetivo es resolver “concluyentemente” la cuestión. (Las comillas van por el hecho de que todo es relativo, inclusive en la investigación científica y una nueva teoría puede tumbar a otra previa).

También fue imprescindible recurrir a experimentos caseros para, al mismo tiempo de corroborar, aplicar la teoría en la realidad sobre la superficie del agua. Por ello se utilizaron elementos como cubos de diferentes dimensiones, cargados con diversos niveles del líquido, además de espejos, pisos porcelánicos, una vieja tableta y pedazos de vidrio, como superficie reflectante; cajas, tazas, pocillos, juguetes, adornos de variadas alturas y formas, reemplazando a las figuras, hilos para fijar las

distancias a la vista, y lógicamente, la regla escala o el escalímetro para medir con absoluta precisión.

El libro está dividido en solamente dos capítulos. En el primero se plantea el funcionamiento del sistema óptico del espejo, se explican las características generales de cada una de las tres partes del sistema, y se exponen a grandes rasgos, las mejores condiciones que deben poseer para su más adecuado manejo sobre la superficie real; y en el segundo capítulo se realiza un análisis matemático simple y metódico, con gráficos en cada paso, que revela al final las fórmulas para obtener las longitudes verticales, horizontales y de profundidad relativas, que son necesarias para cada uno de los elementos y obtener el encuadre ideal sobre la superficie del espejo.

El texto está escrito de la manera más sencilla posible, las fórmulas que aparecen siempre se expresan para que sean abordables por personas no eruditas en matemáticas, sino con conocimientos básicos, y mayor destreza en el arte que en las numeraciones, al igual que el autor. Es posible que existan otros procedimientos más avanzados y profundos con los que se puedan obtener iguales, o mejores resultados; pero también deben ser más complejos. Lo fundamental es que estos, de la forma como aquí están planteados, funcionan eficazmente, porque pueden ser comprobados en su totalidad.

El conocimiento de este método se puede aplicar no solo al paisajismo (en el cual surgió el enigma), sino a todas las expresiones del arte donde se requieran

conocimientos físicos de las visuales, tales como la arquitectura en general, las artes plásticas, el diseño de espacios interiores y exteriores, el diseño gráfico, diseño industrial, la escenografía, la fotografía, etc., pues, al abordar el análisis completo para despejar las dudas que recaían sobre las proyecciones en los espejos de agua, fue necesario el estudio de las perspectivas a nivel generalizado, aunque no existiera una superficie de agua; además, un análisis de los ángulos y las distancias aplicables a cualquier espacio externo o interno; y así mismo, una exposición del campo visual que muestra la forma como funciona para la generalidad de las personas. Por ello se puede considerar a este pequeño texto, como una guía para calcular las visuales, las dimensiones y proporciones ajustadas a las separaciones existentes entre los elementos en todo tipo de espacios, y de los reflejos en los espejos de agua, quienes conforman la base para determinar las medidas al resto de los elementos del conjunto.

Capítulo I

Definiciones Visuales

Todo lo que se observa normalmente o a simple vista en el globo terráqueo, es el producto de las emisiones solares de luz blanca de onda corta, con un amplio espectro electromagnético que va desde los 380 nm¹ (luz ultravioleta), hasta los 780 nm (luz infrarroja), cuando inciden con diversas inclinaciones sobre el planeta, después de atravesar algunos filtros naturales en la atmósfera como la capa de ozono, el anhídrido carbónico, el vapor de agua, partículas de polvo, etc. Este suceso se denomina: rayo incidente.

Estos rayos luminosos, al impactar con la superficie terrestre, se convierten al instante en rayos reflejados de onda larga, aunque de distintas magnitudes, que producen las superficies después de que estas emisiones trascienden sobre los cuerpos presentes. Lo que los ojos humanos normales pueden apreciar son, por lo tanto, los reflejos emanados por los diversos elementos, ante la presencia de la luz.

Este hecho explica el motivo por el cual en las noches oscuras no se pueden apreciar los objetos; aunque en las claras debido al tenue reflejo de la luna al ser incidida por el sol, se aprecien solo formas o siluetas, mas no así el despliegue de los colores; y que con el uso de las luces artificiales se restrinjan y tergiversen los matices.

Estas reflexiones lumínicas se generan de dos formas, las cuales dependen justamente de las características de las superficies de los materiales expuestos, y se conocen como: reflexión difusa y reflexión especular. La reflexión difusa es producida por casi la totalidad de elementos hallados sobre el terreno y es la que permite que sean observados normalmente a través de manchas de millones de colores (según la luz que incida se pueden clasificar entre colores, tonos y matices, hasta nueve millones distintos, si bien muchos son tan parecidos que los cambios son casi imperceptibles por el ojo humano). Se produce porque la superficie es porosa, por lo tanto con micro o macro rugosidades que permiten que los rayos se dispersen hacia todas las direcciones.

Este fenómeno ocurre porque el rayo reflejado siempre emite con el ángulo igual y opuesto al incidente, no obstante, al contener la superficie que se halla expuesta un sinnúmero de diminutas inclinaciones debido a su relativa aspereza, la cual ofrece también numerosos planos, desvía su dirección y absorbe buena parte de la energía.

Estas se denominan superficies opacas. Si se pudiera graficar el modo en que incide un haz de luz en un determinado momento sobre una porción microscópica de superficie, el resultado sería algo muy parecido a éste:

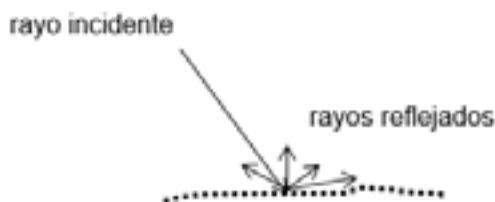


Figura 1.1.- Superficie porosa = reflexión difusa

Sin embargo, éstas superficies son capaces también de transferir alguna energía (de onda larga), y pueden incluso variar un color ya establecido en la contigüidad. Por ejemplo una pared pintada de amarillo, frente a una blanca, cuando los rayos la inciden directamente, le transmitirá cierto tono amarillento a la blanca del entorno, si esta última no es repelida en primera instancia. Se mide este reflejo en albedo². Los tonos claros reflejan más que los oscuros. El blanco brillante puede emitir hasta el 90%, mientras que el negro mate solamente el 10%, ambos difusamente. Cuando en una habitación oscura se abre una ventana y no entran directamente los rayos del sol, pero sí la claridad del día, es el albedo de las superficies del entorno quien penetra, incluyendo la de la cúpula celeste (azul por la dispersión de las ondas lumínicas entre los gases de la atmósfera).

Tabla de albedos

Albedos	porcentaje de emisión
Muro blanco	90%
Nieve reciente	80%
Nubes brillantes	78%
Nubes en promedio	50%
Césped corto	26%
Desiertos	21%
Piso de concreto o mortero	20%
Suelo terrestre sin vegetación	18%
Césped largo	15%
Muro negro	10%
Bosques promedio	8%
Océanos	5% - 10%

Tabla 1.2.- Emisión de distintas superficies.

Las nubes reflejan hacia la exosfera (hacen parte del albedo del planeta), por eso sirven para contraponer las emanaciones; sin embargo no inciden de manera directa para iluminar en los espacios habitacionales, por lo contrario lo que incurre es el porcentaje que estas dejan pasar hasta la superficie terrestre, más una ínfima re-irradiación del propio albedo proveniente de la capa terrestre cuando estas son blancas.

Asimismo, un espacio habitacional con vanos hacia un desierto será más claro al recibir el 21% de la energía emitida, que al hallarse con igualdad de condiciones al frente de un terreno con césped largo (que es más oscuro debido a la mayor cantidad de sombra que arroja), con el 16%; lo contrario si está corto (26%).

La reflexión especular, por lo contrario, es producida por superficies sin poros, completamente lisas que permiten que la luz se refleje en una sola dirección, con lo cual se genera la concentración de éstas radiaciones hacia un mismo punto, con una alta intensidad capaz de duplicar las imágenes de los objetos en su entorno. Se denominan superficies brillantes, por tanto más directa, y con mayores emisiones de energía lumínica y térmica. Pueden reflejar hasta el 100% de la luz incidente, por lo cual, podría iluminar con la misma energía que recibe, mediante desviaciones de los haces lumínicos, hacia direcciones opuestas. Al graficarse el modo en que incide un solo haz de luz sobre una porción de superficie especular, el resultado sería este:

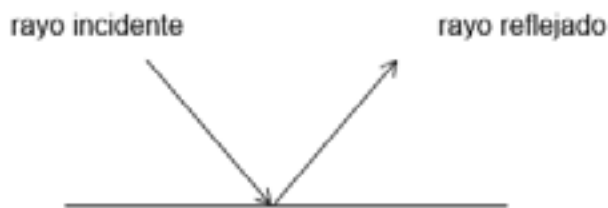


Figura 1.3.- Superficie lisa = reflexión especular

El ser humano es el creador de las superficies enteramente brillantes, mediante aleaciones y el pulimento de algunos pocos elementos naturales que producen brillo, para así obtener los espejos estañados o plateados, como máximo exponente del reflejo con un 100%. También produce lacas que además de brillar por su composición química, taponan las porosidades de las partes opacas en un principio, lo cual permite reflejos altos, aunque con menor intensidad. En la naturaleza sólo existen algunas piedras o metales que pueden reflejar, si bien lo hacen de manera precaria, es decir, solo en fracciones de su superficie, sin que exista la intervención artificial. Sin embargo, las superficies de agua, de acuerdo a las características que posean, pueden generar desde diminutas, hasta enormes zonas de reflejos, más amplias que cualquier elemento humanamente procesado, las cuales resaltan de una manera agradable e impactante el paisaje.

El agua

Es necesario anotar que las superficies que contienen agua reflejan con distintas intensidades, algunas de forma inestable. Se necesitan ciertas características para que las reflexiones sean de calidad, las cuales

son estudiadas más adelante, en la medida como se conforme éste análisis. Sin embargo, es posible establecer que el agua, en su estado líquido, y a pesar de su alto grado de transparencia, es capaz de reflejar de manera nítida, concentrando los rayos lumínicos hacia un solo punto, debido a que posee una fuerza de cohesión intermolecular en toda su estructura, la cual forma, al ser el único lado del receptáculo libre de presión, una especie de membrana elástica en el plano superior, conocida como tensión superficial, capaz de sustentar hasta a algunos insectos sobre ella (se puede apreciar éste efecto claramente en un recipiente transparente en el cual se observa la translucidez por los lados, mas no así por la parte superior reflectante; y su consistencia en una o varias gotas sobre un plano impermeable mostrando su volumetría). Esta capa es totalmente lisa, por lo que produce una reflexión especular, la cual, por ser una condición de los cuerpos en estado líquido, desaparece un tanto cuando se solidifica. Por esta razón, el hielo y la nieve pierden capacidad de reflexión especular, (no difusa como el albedo); pero al mismo tiempo se da el opuesto hecho de que un piso, aunque sea áspero, o cualquier elemento, lo suficientemente húmedo, brille mientras se mantenga esa capa superior del agua. Al momento en que esta se evapora, deja de emitir reflejos. Se considera que los primeros espejos usados por los humanos fueron precisamente, las distintas superficies de agua en su estado natural, que avanzaron luego a recipientes portátiles como contenedores del líquido.

Producción de reflejos

Para que en cualquier punto existan reflejos, es necesario que se establezcan tres componentes: uno es la superficie especular que ya se ha mencionado, donde se forma la pantalla virtual, el elemento que actúa como espejo en sí; un segundo término son los objetos (naturales, artificiales o la conjunción de ambos), que se van a ver reflejados sobre ese plano, y un tercero, que es el esencial para poder definir y calibrar las visuales: el foco, que en realidad son los ojos de los observadores y las cámaras fotográficas, videos, celulares, o cualquier elemento que capture visuales, cuyo libre desplazamiento lo hace referente dentro del sistema y hace relativos en posicionamiento al resto de los elementos, con excepción del plano del espejo, quien es el elemento invariable.

Siempre estarán presentes estos tres factores: foco, espejo y objeto. La ausencia de uno de éstos impide que se desarrolle normalmente el proceso de las reflexiones. Cuando una persona se acicala en un espejo plateado normal y de poca dimensión, en apariencia se reducen a solamente dos componentes, puesto que el elemento que se refleja es la misma cara desde donde se encuentra el foco, a pesar de que pueda observarse algo del fondo con solo una pequeña desviación de la vista, o movimientos del propio espejo; pero si éste es un poco más grande que el tamaño de la cara, por ejemplo de medio cuerpo, se apreciará mayormente el fondo, lo cual demuestra que son tres unidades, la diferencia es que el foco

y los elementos que se van a reflejar, se encuentran por poco, en la misma ubicación, hecho que se puede comprobar cuando se desvía la vista hacia los lados y se observa el fondo, ya como el tercer elemento.

Por tanto, en un espejo plateado normal, el sistema funciona así:



Figura 1.4.- Elementos del sistema óptico del espejo.

Reflejos en estanques de agua

Mientras que, en un espejo de agua, debido a la disposición natural del líquido siempre horizontal, y de una mayor dimensión de la superficie, los objetos que se reflejan, invariablemente se van a encontrar en el lugar opuesto del foco. El sistema óptico, en éste caso, funciona de la siguiente manera:

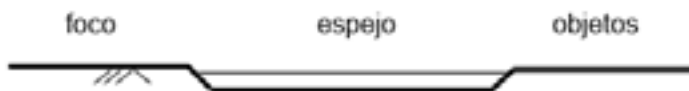


Figura 1.5.- Elementos en ubicación horizontal.

Y ya para inmiscuirse en el tema que corresponde del paisaje, cuando son reemplazados los términos anteriores, se tiene que: el foco se convierte en el mirador, el espejo en la superficie del estanque de agua, y los objetos en la porción del paisaje que se va

a reflejar desde el enfoque. Así es, por consiguiente, la forma:

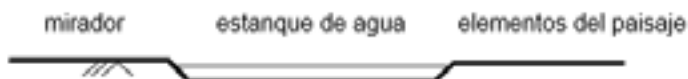


Figura 1.6.- Componentes del espejo de agua en el paisaje.

Luego, con base en estos tres componentes del sistema que conforman el espejo de agua, y de acuerdo a los niveles que entre ellos presentan, es posible clasificarlos de la siguiente manera:

Espejo de nivel plano

Son aquellos en los cuales los tres componentes presentan el mismo relativo nivel, o sea, con diferencias menores de 5° en la distancia entre el mirador y la zona del paisaje por reflejar. La dimensión del estanque, la distancia y la altura son quienes indican el resto de las medidas. Los reflejos que se generan en este tipo, son los más proporcionados a las longitudes reales de los objetos por encontrarse a la altura de los ojos, al nivel normal de la línea del horizonte, que el cerebro traduce como natural. Son los más usados en parques, plazas y zonas urbanas, porque permiten encuadres perfectos de los elementos hallados justamente en la parte frontal del mirador.



Figura 1.7.- Espejo plano.

Espejo de nivel panorámico

Son los que tienen el mirador con mayor altura que los demás componentes. Se llama panorámico porque

se puede contemplar un amplio campo visual que abarca un fondo mucho más profundo y produce una sensación de libertad del usuario al posarse en un punto más elevado; sin embargo en lo que concierne al reflejo producido por el espejo es un poco más cerrado que los planos, en cuanto a los elementos que se hallan al frente, mostrando mayores destellos hacia el cielo, lo cual es también una excelente percepción, especialmente cuando el cielo se encuentra arrebolado.



Figura 1.8.- Espejo panorámico.

No obstante, cuando la altura del mirador sobrepasa los límites (por sobre el 30% de la distancia del estanque con respecto a la orilla opuesta, o $16,7^\circ$ de inclinación), estas se pierden o distorsionan, haciendo más importante al resto de los elementos que hacen parte del paisaje, o al propio estanque como recipiente cargado de agua, ya no como espejo de las figuras del frente. Por ello, las mejores relaciones distancia altura son: entre el 5% y el 30%, o $2,9^\circ$ y $16,7^\circ$ respectivamente. Se encuentran en zonas campestres, cuando se aprovechan los niveles naturales del lugar.



Figura 1.9.- Espejo panorámico con ángulo de 16° conformado por la arista del nivel del agua con la fachada del elemento más cercano, hasta el punto visual del mirador, (estos puntos se calculan en el siguiente capítulo).

El motivo por el cual existe un aplanamiento, recorte, e inclusive, disipación de los reflejos de las figuras en el agua, se analiza en el siguiente capítulo de los cálculos.

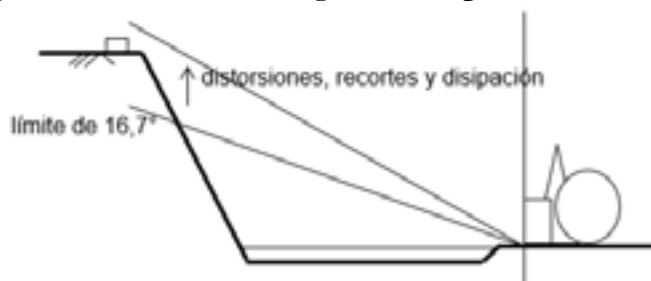


Figura 1.10.- Espejo panorámico por fuera de los límites de reflejos del frente.

Espejo de nivel panorámico inverso



Figura 1.11.- Espejo panorámico inverso.

Son los opuestos a los anteriores, el mirador se encuentra en la cota más baja, sólo por sobre el nivel del agua, dejando una sensación de encerramiento al mirador. Los reflejos mayores del estanque en éste caso, son los que produce la ladera, por ello el mayor valor se encuentra en las visuales del declive posterior al agua. No se proyecta el cielo porque es cubierto por las formas que se encuentran en la orilla opuesta. Sin embargo esta tipología produce cierta sensación de enigma, que aumenta con la disminución de la distancia del espejo o el incremento de la altura del lado donde se encuentran los elementos por reflejar. Se encuentran en

terrenos naturales, cuando no es muy amplia la medida del estanque o porque éste tiene mayor valor funcional, como incluir una cascada; puesto que cuando es de gran amplitud, la tendencia es a invertirse el mirador (su posición es relativa), al colocarse en el punto más alto y convertirse entonces en panorámico.

Espejos de nivel deprimido



Figura 1.12.- Espejo deprimido.

Estos son los que tienen el nivel del agua en profundidad. Paisajísticamente, más que espejos son depresiones para contemplar desde la orilla, puesto que su hondonada permite únicamente el reflejo del cielo. Con el aumento de las distancias de los niveles se convierten en cañones. Se da en ríos caudalosos y revueltos en temporadas lluviosas, pero medio secos y estancados el resto del tiempo; o en algunos estanques conformados naturalmente de minúscula dimensión, que no alcanzan a reflejar el lado opuesto del paisaje. Los niveles opuestos, aunque cercanos, pueden tener cotas y pendientes, diferentes.

Características de los componentes de los espejos de agua

Cada una de las tres partes del paisaje que conforman el sistema óptico del espejo de agua, debe reunir

ciertas características naturales y arquitectónicas, para que puedan ser consideradas como tal, y su funcionamiento sea el más eficiente. Estas son:

El mirador³

En el planteamiento paisajista, donde las visuales son de las percepciones básicas, se hace necesario destinar uno o más espacios para disfrutarlas mediante el placer de la contemplación. Por ello siempre existe por lo menos un mirador en estos proyectos. Este es un espacio que, en cuanto al tamaño, ubicación y comodidades se halla determinado por las propias condiciones del lugar. Puede ser, inclusive, la ventanilla de un automóvil, cuando se trata de una vía, o la extensión de la misma a un lado de ella, una zona de descanso en medio de un sendero peatonal, la ventana en un dormitorio, un balcón, una terraza, la azotea de un edificio, o una gran zona completamente diseñada con todo el mobiliario y la más alta tecnología que haga parte de un famoso sitio turístico natural o urbano. Lo importante y común entre todos ellos es que tengan relativamente, fácil acceso, ya sea peatonal, vehicular, la combinación de ambos, o incluso mediante el uso de maquinarias como botes, elevadores, funiculares o teleféricos. Aunque éste espacio hace parte del sistema óptico por ser desde donde se proyectan los enfoques, es inclusivo a todo tipo de paisaje, aunque carezca de estanques de agua, por lo tanto, este apartado los concierne, pues su función y propiedades son similares.

Como puede verse, existen varios tipos, sin embargo se pueden clasificar, según sus características, de la siguiente forma:

Complejos: Son aquellos diseñados para un uso amplio, es decir, usados como destino de viaje al convertirse en hitos que muestran lo mejor del paisaje del lugar, con una infraestructura completa en su entorno inmediato, generalmente, más costosos en su construcción, que incluye todos los servicios y requieren en ocasiones de maquinarias de alta tecnología para funcionar. Algunos, son cerrados, con cubiertas que permiten permanecer bajo cualquier condición térmica y climatológica. Un ejemplo de estos es el mirador del Top of Tirol, de Austria, con un diseño de vanguardia que parece una nave espacial que sobrepasa la altura del resto del paisaje. Ese podría considerarse una de las excentricidades dentro de la tipología, porque los más comunes son abiertos, integrados con los niveles naturales del paisaje, con cubiertas solamente en los espacios indicados, porque generalmente existen funciones que brindan al usuario mayor comodidad. En algunos casos, surgen espontáneamente porque son el paso o el entorno de algún gran espacio destinado en un principio a otra función, y las vistas excelentes del punto lo adecuan, como es el caso de la iglesia del Cerro de Monserrate, en Bogotá, con vista de la gran urbe, o el Cerro de La Popa en Cartagena, donde se observa a la ciudad integrándose con el mar Caribe; ambos en Colombia.

Necesidades: Consta de un acceso que puede ser vehicular, peatonal, o algún otro medio. Además, una zona de estacionamiento, una plataforma con su respectivo mobiliario y pueden contener quioscos de refrescos, restaurantes, e inclusive, hoteles en su inmediatez.

Lo común entre todas las necesidades de los miradores, es la plataforma, la cual no es más que un piso que se ajusta a los niveles naturales del terreno. Este puede ser de concreto, adoquinado, tablones, o cualquier acabado que sea resistente a la embestida de la intemperie, o semi blandos como el polvo de ladrillo, cantos rodados, una capa de conchas marinas, etc. Lo importante es que permita siempre el traslado seguro de un punto a otro en el mirador, con la mayor comodidad que el propio ambiente determine.

Este debe ser abierto en lo posible, para permitir la mayor integración del usuario con el medio ambiente del lugar y contar con su sistema de desagües óptimos para evitar encharcamientos.

Mobiliario: El mobiliario es un conjunto de elementos básicos, no solo para la mayor comodidad del visitante, pues, algunos, incluso, fijan puntos de generación de enfoques hacia el paisaje, como puede verse en el siguiente capítulo. Estos son los siguientes:

Bancos: Son los asientos de los espacios externos. Su objetivo es servir de base para el relajamiento y el reposo de los usuarios mientras se contempla el paisaje. Por lo tanto deben hallarse en lugares con posiciones privilegiadas, lo adecuado es con el frente hacia las distancias más lejanas y al mismo tiempo brindando

protección, al resguardo de las condiciones extremas del sitio. Esto significa protección del sol en climas siempre cálidos y/o en temporadas de verano; esto se logra ubicándolos bajo árboles de follaje perenne en los primeros, y de foliación caducifolia en los segundos, cuando los cambios de temperaturas varían con el ambiente permitiendo el paso de los rayos en invierno con la caída de las hojas, justo cuando se necesitan. Igual sucede con los vientos: exposición en los climas cálidos (lo cual es fácil de lograr en terrenos abiertos), y de resguardo de las corrientes en lugares fríos; sin embargo resulta dificultosa la protección en un cien por ciento, cuando se trata de espacios externos.

Los bancos deben, en todo caso, ir empotrados en el área de los canteros, para dejar completamente despejada la circulación peatonal del resto de los usuarios. La parte frontal debe ubicarse como medida mínima a 40 cm de ella.

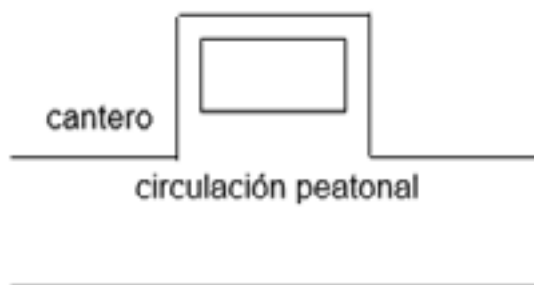


Figura 1.13.- Ubicación de bancos.

Los bancos pueden ser del tipo común de los ya existentes en el mercado, o también es posible que sean elaborados in situ, cuando las condiciones

lo requieran, lo cual es una buena opción ante la intemperie, y posibilitan mayor capacidad de ocupación, además de que se pueden adaptar a la forma de la cota natural de los niveles, como puede apreciarse en el siguiente gráfico.



Figura 1.14.- Banco elaborado in situ, siguiendo la curva de la cota de nivel.

Las formas, materiales y medidas pueden variar desde los más comunes para dos personas que van desde 1,20m hasta los de varios metros. En los paisajes naturales son más tradicionales en cuanto a aspecto se refiere, mientras que en la zona urbana existen una serie de diseños de avanzada. Lo importante es que sean ergonómicos para la mayor comodidad del usuario. Esto significa una altura del asiento de entre 43cm y 47cm desde el suelo; el fondo debe tener alrededor de 40cm y 45cm, con una leve pendiente de 5° hacia atrás, respecto de la horizontal. El respaldo de 40cm a 60cm, el cual requiere de una inclinación de entre 95° y 106° con respecto al asiento. Deben poseer siempre, buen escurrimiento del agua, para permitir su uso en poco tiempo después de la lluvia y evitar asimismo su rápido deterioro.

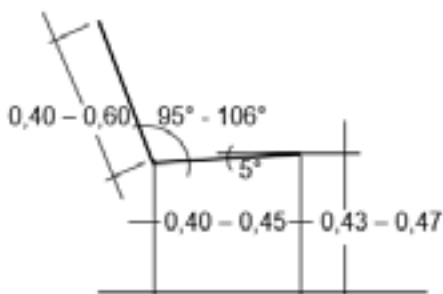


Figura 1.15.- Corte transversal de las medidas ergonómicas de un banco.

En algunos miradores privados se recurre con frecuencia al hecho de cambiar los bancos por sillas, ya que cumplen con la misma función y son, tal vez, más cómodas, puesto que son individuales, tienen apoyabrazos en ambos lados, bastante más livianas y además portátiles, lo cual permite su recogida y almacenamiento en el momento en que sea requerido, aun cuando también resisten la intemperie.

Barandas: las barandas son un elemento que en el paisaje desempeña tres funciones básicas: De descanso, de demarcación de la plataforma y de protección cuando las alturas lo exigen.

De descanso, porque en ellas se apoyan los brazos, lo cual es un alivio para la columna vertebral, e inclusive para los pies, porque se transfiere parte del peso a ella al estar de pie y se cambia de posición. También de demarcación porque establece límites entre los distintos espacios, y de protección porque impide el paso a sitios riesgosos.

Lo importante es que sean “transparentes”; es decir, que desde los distintos puntos del mirador, puedan dar continuidad a las mejores vistas, con la menor interrupción posible.

El material con el que se encuentran elaboradas depende en gran medida de las características del lugar. Así se tiene que, por generalidad, en las zonas campestres se prefieren con mayor rusticidad, sobresaliendo la madera por su practicidad, y a veces se combina con un antepecho bajo de piedras rusticas, para no obstaculizar las visuales. En puntos costeros y lacustres se permiten sogas gruesas, que aunque no funcionan para apoyarse, delimitan y definen espacios. En cambio a lo anterior, en el área urbana predominan diseños de última generación donde prevalecen los elementos metálicos como el hierro, el aluminio y el acero galvanizado, los vidrios templados, laminados, termo-acústicos, etc.

La altura desde el suelo de la plataforma hasta el pasamanos, sin importar su diseño, oscila entre 0.95 m y 1.00 m.

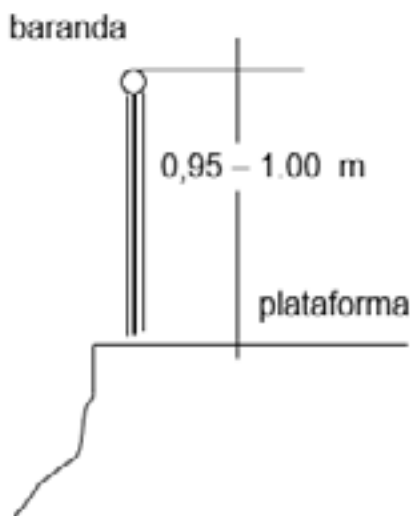


Figura 1.16. - Corte de baranda.

Algunos que tienen por función únicamente de delimitar espacios, pueden ser menores de 0.60 m. en su elevación. Se usan en este caso, bolardos, sogas, piedras, setos de plantas bajas, hasta un simple cambio de nivel en la plataforma funciona para ello, etc.

Quioscos: son pequeños habitáculos donde se comercian elementos que son adicionales a las necesidades de los usuarios del mirador, más específicamente para refrescar y de exposición de suvenires en sitios turísticos. Su diseño también varía desde los rústicos en el terreno campestre, hasta los más finos y actualizados en la zona urbana.

Luces: Ya estos son elementos de infraestructura donde se requieren redes, postes y lámparas de diversas formas, alturas y tamaños, con luces de todos los colores y tipos. La función es iluminar al mirador cuando se trata de uso nocturno, debido a que muchos miradores se encuentran diseñados para permanecer abiertos solo hasta antes del ocaso, justo porque el entorno se puede convertir en hostil, especialmente en zonas rurales. Las luminarias brindan sin embargo, una relativa protección.

Al igual que en los parques, en los miradores la iluminación se produce a niveles relativamente bajos, es decir hasta una determinada hora, a partir de la cual se suspende o se reduce a la mitad.

Las luces deben ser blancas, puesto que con estas se obtiene una buena reproducción cromática, lo cual hace que la visibilidad de los usuarios sea mejor. Se recomiendan por tanto, lámparas de halogenuros

metálicos, lámparas CosmoWhite, o los diodos emisores de luz, más conocidos como LED. Es mejor evitar las luces amarillas, que además de requerir mayor energía, solo deben usarse en las vías de tránsito vehicular, porque proveen mayor visibilidad cuando existe alta movilidad, pero su reproducción cromática también es pobre.

Los postes son relativamente pequeños, generalmente por debajo de 3 metros por lo que se podrían considerar como farolas, ya que son solamente de uso peatonal. Se emplean con mucha frecuencia las lámparas a nivel del suelo. El tendido de redes es conveniente que sea subterráneo, para evitar interferencias de líneas con las visuales.

Binoculares, catalejos o telescopios: Son elementos fijos a la plataforma que sirven para tener un mayor alcance hacia ciertos puntos determinados de las visuales con el uso de lentes de aumento, aunque se restringe el campo visual mientras se estén usando. No son muy difundidas actualmente, aunque su presencia insinuó por mucho tiempo que se estaba en un mirador.

Miradores de paso: Son, por decirlo de alguna forma, los reales miradores, cuyo uso es temporal, que se ubican, generalmente, entre dos sitios de destino; aunque en ocasiones surgen para contemplar el “paisaje antes inexplorado”. Su objetivo básicamente es detener al viajero para relajarse con el disfrute de las visuales del paisaje. Su tiempo de uso va desde algunos minutos hasta varias horas; pero nunca para

pernoctar. Un ejemplo es el malecón del río en la ciudad de Barranquilla, Colombia, en un tramo del Río Grande de la Magdalena, simplemente para el goce de contemplarlo.

Se ubican a un costado de carreteras secundarias, puesto que las primarias tienen un flujo vehicular muy grande que no permite el disfrute pasivo, a excepción de que se conecte con un desvío de la misma.

Su dimensión es, generalmente menor que el anterior; algunos son de tan solo pocos metros cuadrados y con bajo número de bancos. Otros incluyen hasta quioscos de ventas de cafetería, pero todo en menor proporción, aunque los hay alargados para permitir el recorrido o paseo peatonal.

Miradores ecológicos: Y de último se pueden citar a los ecológicos, que en realidad corresponde a un espacio en medio de un recorrido dentro del paisaje (senderismo) con una excelente vista, que surge espontáneamente, y se convierte en punto de campamentos de caminatas ecológicas.

Estos carecen de mayor infraestructura, se hallan siempre alejados de la “civilización” y la única manera de alcanzarlo es mediante caminatas, cabalgatas, o, incluso, en botes. Todos se localizan en la zona rural. Su uso crece de manera vertiginosa en los últimos tiempos, por el afán de restituir lo natural y alejarse del ruido y el afán estresante de la ciudad. Los usuarios deben cumplir con ciertas normas para mantener intacto el espacio natural, especialmente el que tiene que ver con los residuos. Por ello, no es absurda la

instalación de canecas para la basura, o llevarlos de regreso a casa. En algunos se pueden incluir servicio de baños, así sea un poco alejado.

Su uso puede ser hasta de varios días.

Todos los miradores, por tratarse de un espacio en las tres dimensiones físicas, originan una serie de focos, los cuales aumentan con su extensión; por ello, debe existir una relación entre su longitud con la de los otros dos componentes, ya que un sólo metro cuadrado de plataforma puede generar muchos focos al incluir la tercera dimensión. Más adelante, en el siguiente capítulo de funcionamiento y cálculos se estudia a fondo el caso.

Lo último por señalar de los miradores, es que todos tienen que establecerse en un punto dentro del paisaje, puesto que de allí se deben producir las mejores visuales, y en un terreno natural estas son relativas al albedrío de las personas, con focos en continuo movimiento; y si las mejores se hallan en un lugar de difícil acceso, existen dos posibilidades: adecuarlas como mirador, o conservarlas para que sean vistas desde otro mirador en la cercanía, dependiendo del análisis realizado, que contiene, entre otros, un estudio de soleamiento que se puede ver más adelante, en el apartado de los elementos de figura y fondo. En un parque urbano, por tanto previamente planificado, no sobreviene este problema, inclusive es un hecho normal que en toda la periferia del estanque sea al mismo tiempo mirador y zona de los reflejos, lo cual depende del movimiento del observador o foco, alrededor del reservorio. Así,

desde un foco se puede captar a otros focos como parte del paisaje y verlo reflejado en la superficie del agua, que a su vez puede ser captado igual, aunque de manera inversa. Es decir, un ciclo.

El estanque de agua

El estanque de agua es básicamente el espejo. En su superficie es donde se van a formar las imágenes virtuales del entorno, por lo cual es el centro del sistema. Estos pueden ser clasificados de diferentes maneras, por ejemplo, según su origen serían: naturales, semi naturales o artificiales. También por magnitud y ubicación.

Los naturales son aquellos en los cuales su suelo, paredes internas y niveles han carecido de intervención humana para su formación; el agua contenida en ellos es la suma de la acción geológica ocasionada por un proceso de miles o millones de años, más el ciclo normal de las lluvias y las escorrentías.

Son por generalidad, los de mayor dimensión, aunque también los hay diminutos. Por el tamaño de su superficie se podrían clasificar a los lagos como los de mayor magnitud, luego continúan las lagunas, los jagüeyes, y finalmente los pozos, ya que no existe una definición precisa, ni se ponen de acuerdo los científicos si la diferencia está en el tamaño, o en la profundidad, puesto que algunos aducen que en los lagos es donde no llega el sol hasta su fondo, sin que interese su tamaño; o que los lagos sean los únicos con entrada y salida de corrientes de agua, mientras los restantes son producto de inundaciones.

La forma de los estanques naturales es siempre irregular, sin líneas rectas ni ángulos, creándose con el nivel del agua al llenar el terreno. A veces la naturaleza sorprende con formas excéntricas, producto de las cotas abruptas del suelo. En los mayormente parejos, tiende a formarse lo más parecido a un círculo, una elipse, o una nuez.



Figura 1.17.- Formas más comunes de los estanques naturales.

En todos los casos, como ya estos se hallan formados y hacen parte integral del paisaje, la labor del arquitecto consiste en diseñar las adecuaciones en los espacios de su entorno inmediato, que el propio cuerpo de agua activa con el resalte de las visuales.

Quienes mejor reproducen los reflejos del paisaje cercano son los cuerpos más pequeños y/o los menos expuestos al viento, como se describe más adelante, dentro de este mismo apartado.

Si bien en un principio todos quedaban en zonas silvestres, la atracción por la necesidad del agua que ejercen sobre los seres vivos, especialmente de los humanos, hizo que se crearan poblaciones en su entorno inmediato y mediato. Por ello, los que aún se encuentran alejados de la “civilización”, que tienen una difícil accesibilidad, se tratan de conservar como área protegida, como pulmón del planeta, y cuando se permite el ingreso de personas se debe

hacer con una serie de restricciones, con controles para que se comprometan con el uso adecuado del medio ambiente; ya que los de la zona urbana actual, fueron en un alto porcentaje deteriorados por sus propios habitantes. Estos últimos también se intentan recuperar con políticas de rehabilitación ambiental.

Los reservorios semi naturales tienen por diferencia del anterior, que han sido intervenidos artificialmente en uno o en varios aspectos. Por lo general son embalses o represas para la recolección del agua y el montaje de plantas hidroeléctricas. En todo lo demás cumple con las mismas características de los naturales.

Los estanques artificiales son los más importantes en lo concerniente a la elaboración de los espejos de agua, puesto que, contrariamente a los anteriores ya armados, se deben crear y dimensionar en su totalidad, bajo criterios previamente establecidos.

Estos son elaborados por completo, en lugares donde nunca existieron, especialmente cuando se trata del área urbana; o han sido adaptados en más del 75% cuando en un sitio las condiciones del suelo no lo permiten al cien por ciento de manera perenne y se requieren como elemento de realce, pero que de manera natural se escurren o evaporan después de algunas horas sin lluvia, estos últimos, generalmente en la zona rural.

El suelo y las paredes internas son artificiales. En las zonas rurales son, en líneas generales, de plásticos que recubren e impermeabilizan directamente al suelo; mientras que en las urbanas son de concreto y

resguardadas asimismo con plásticos, fibras o azulejos. La forma también depende del lugar: en el campo se elaboran para que muestre una continuidad con el paisaje natural del sitio, es decir, de manera irregular, al igual que en los grandes parques de la ciudad, donde el entorno cercano, de la misma manera, aparenta lo natural; mientras que en la urbe, en espacios libres pequeños entre bloques de edificios, o incluso, en las zonas internas de las propias construcciones, como en los grandes centros comerciales, son geométricas, y en el diseño es común que existan combinaciones entre éstas, como puede apreciarse a continuación:



Figura 1.18.- Formas geométricas en la urbe.

Con las orillas de los estanques sucede igual. En los campestres, por su aspecto natural, se coloca una mezcla de piedras y plantas entrelazadas, que además, cubran el plástico del suelo que sobresale hasta este lugar; mientras que en la ciudad se construyen pisos resistentes y de formas geométricas. El humano ha cuadrículado la ciudad.

El nivel del agua se controla mediante vertederos en la cota superior para evitar rebosamientos con la lluvia y con un sistema de boyas conectadas a las redes, contra la evaporación. Cuando son pequeños este procedimiento puede ser manual, sobre todo en el campo. Debe contar con una bomba para recircular el

agua y oxigenarla, evitando la rápida descomposición del líquido. Se requiere por tanto de mantenimiento constante. Hoy se están usando biofiltros para que la depuración sea natural.

El tamaño ideal de los estanques artificiales es el menor dentro de las posibilidades, ya que se hace más fácilmente maniobrable, sin embargo debe proporcionar los mejores reflejos, por lo cual muy reducidos puede ser insuficiente en relación a las figuras y al foco; para ello es necesario realizar los cálculos que se plantean en el siguiente capítulo, y lograr el equilibrio ideal entre todos los elementos del sistema óptico con respecto al foco.

Por lo tanto, las características que debe tener el estanque para que se genere una mejor reflexión de las figuras en la superficie del agua, son:

Quietud: Una de las condiciones para que el agua refleje con mejor resolución es que se halle lo más inmóvil posible en su superficie. Cuando la capa que provee la tensión superficial está quieta, los reflejos son nítidos, incluso se observa mejor que en la realidad; y a medida que se agita, se distorsionan las imágenes en la misma proporción. Cuando esta es mínima y unidireccional, proyecta con leves movimientos también agradables a la vista; pero a medida que crecen las ondulaciones, la imagen virtual se va transformando hasta un punto en el cual se mezclan todos los colores y formas, generándose una mancha borrosa y brillante al mismo tiempo, también grata, pero sin generación de imágenes.

El movimiento de la superficie puede ser producido

por el uso continuo de diferentes elementos que generan vibraciones y pequeñas olas. Así como en los naturales de mayor dimensión, las embarcaciones mueven el líquido, en los artificiales pueden ser las fuentes o cascadas que se introduzcan al diseño, las cuales deben evitarse o realizar un buen estudio del flujo del agua para que en los puntos desde donde se van a observar las mejores reflexiones permanezca estático. A veces se combinan las funciones con horarios determinados para cada una, como las fuentes luminosas en horas nocturnas.

El otro elemento que crea grandes oscilaciones es el viento. Y la única manera de evitarlo es resguardando a la superficie en la zona de sombra eólica, generada por otros elementos que pueden ser naturales como por ejemplo montañas o plantas; o artificiales como los bloques de los edificios, muros o, inclusive el uso del material vegetal. Esto implica un análisis de la rosa de los vientos en el lugar, con el cual se puede definir la dirección desde donde proceden en las diferentes épocas del año, así como su velocidad y la zona de calmas. En esta última es donde se producen las más impactantes reflexiones. El dimensionamiento juega aquí un papel trascendental, puesto que es más controlable la protección en los estanques de menor dimensión.

En la siguiente tabla de los efectos del viento, extractada de la escala de Beaufort, se puede apreciar la manera como la velocidad del viento afecta las reflexiones en la superficie del agua:

Denominación	Velocidad		Reflexión sobre superficie
	m/seg	K/h	
Calma	0 – 0,5	0 – 0,9	Totalmente nítida
Ventolina	0,6 – 1,5	1 – 6	Buenas reflexiones. Mínimos y gráciles movimientos.
Brisa suave	1.6 – 3,3	7 – 11	Aún se perciben reflejos, casi para distorsionar.
Brisa leve	3,4 – 5,4	12 – 19	Empiezan las distorsiones.

Tabla 1.19.- Impacto del viento sobre espejos de agua.

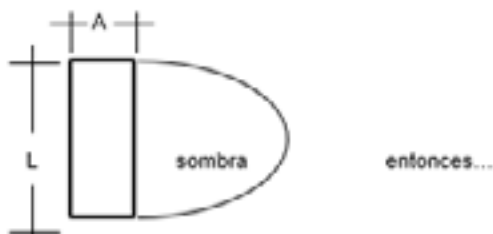
Al comparar esta tabla con la rosa de los vientos⁴, es posible conocer de manera bastante aproximada los días del año, en los cuales se aprecia mejor el efecto sin necesidad de ninguna intervención arquitectónica (en la zona de calmas), de la misma forma como indica la dirección desde donde proviene, para disponer los elementos que reduzcan, encaucen o abriguen al estanque de las corrientes, en el momento y en los lugares que sea necesario.

Cuando se abriga a una zona de las incidencias del viento significa que se le resguarda de sus embates en un alto porcentaje, puesto que generalmente, más del 50% de las corrientes provienen desde una misma dirección. Con la suma de este, y las de la zona de calmas, se tiene una buena relación de tiempo para que se vean bien los reflejos en un alto porcentaje. Siempre que los elementos se hallen a la intemperie, dependerán de las características del lugar. La idea es atenuar el fluido eólico en la superficie.

Este fenómeno se produce porque la acción del viento sobre bloques con formas geométricas sólidas genera zonas con altas presiones o positivas sobre las fachadas de barlovento, y áreas de protección o

presión negativa del lado opuesto o de sotavento. En la siguiente tabla se muestra la zona de sombra de vientos, que ofrece el bloque de un edificio, según la forma y longitud como múltiplos de su altura h . Siendo: A = ancho, h = altura y L = largo, la sombra de vientos será:

Siendo: A = ancho, h = altura y L = largo, la sombra de vientos será:



Sombra de vientos según la forma y tamaño como múltiplos de h .

Corte del edificio		L = largo del edificio.				
→	Dirección del viento	2h	4h	8h	16h	24h
	Altura = ancho	2.5	3.75	5.25	8	8.75
	Altura = 2 x ancho	2	2.75	3.75	6	7
	Altura = 3 x ancho	2.25	3.25	4.25	5.75	5.5
	2 x altura = ancho	2.5	4	6	8	9
	3 x altura = ancho	2.25	3.75	5.5	6.25	7
	Techo 2 aguas 45°	1.5	2.5	4.5	6.5	7.5
	Techo 2 aguas 30°	2	2.5	4	6.25	8.25
	Techo inclinado 15°	2.5	4	6.5	9	11.5
	Techo inclinado 15°	2	3.25	5	8.75	10.75

Tabla 1.20.- Sombra de vientos resultante de la forma del edificio anterior².

De esta manera se tiene que, por ejemplo, un bloque de 10 metros de ancho (A) por 40 metros enfrentados perpendicularmente al viento (L) = $4h$, con 10 metros de altura (h), puede proteger $3.75 h = 37.5$ metros en el centro.

Como en los límites de esta zona de sombra eólica se produce una aceleración producida por las aristas de los cuerpos sólidos, es preferible separar el 20% del largo total del bloque (L), que en este caso corresponde con 8 metros de cada lado, los cuales se extienden a lo largo de todo el borde de la zona de sombras, por lo que se reduce también por 8 m la extensión del abrigo, todo esto como margen de seguridad. La zona ideal para ubicar el estanque sería la siguiente.

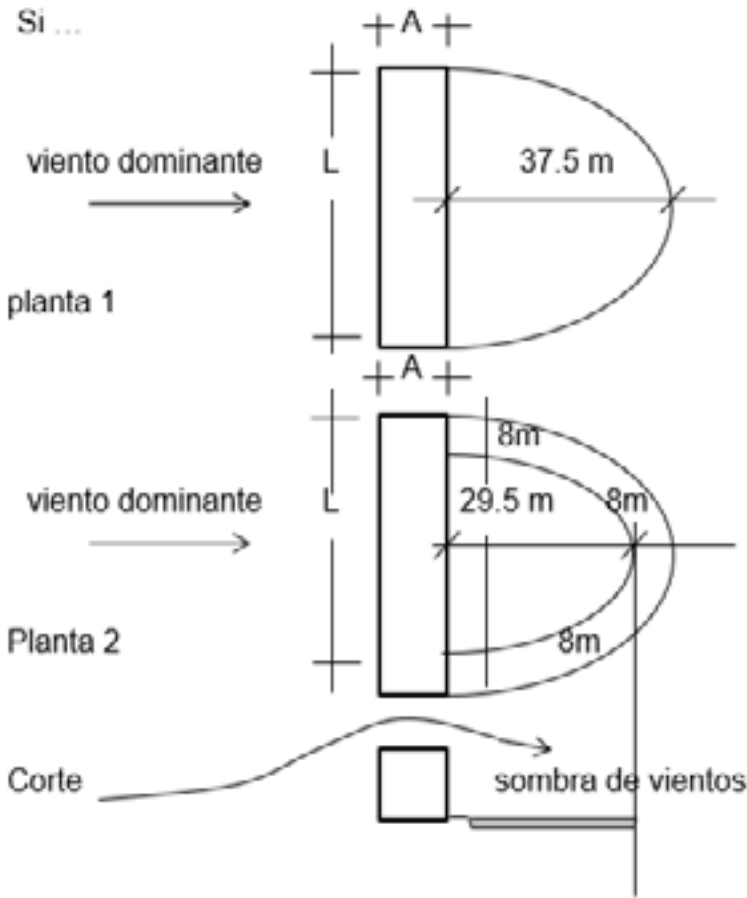


Figura 1.21.- Sombra de vientos constante

Es necesario conocer el entorno para que una obra colindante no interfiera y perjudique el procedimiento. Por ejemplo una inclinación en los muros en cualquiera de los lados, deteriora el método al desviar las corrientes.



Figura 1.22.- Inclinación de bloque con efectos contraproducentes hacia la superficie del estanque.

De igual manera es posible proteger al estanque de la acción eólica cuando se halla en el campo. La diferencia es la sustitución del bloque sólido y con medidas definidas y tangibles, por elementos naturales con formas y medidas que además de irregulares, son promediadas. Por eso en la protección el margen de seguridad es mayor. Estas son las colinas, y un poco más controlables, las barreras cortavientos de material vegetal.

Las montañas y colinas son una gran barrera cuando se extienden de manera perpendicular o con inclinaciones cercanas a esta con respecto al viento dominante; pero en caso de existir una abertura se crea una aceleración que resulta adversa para el efecto que se requiere.

Sin embargo, es posible asegurar que un estanque se hallará protegido mientras permanezca a sotavento de una colina, mientras no exista otra elevación en el entorno cercano que se encargue de desviarlo. Cuando, en promedio las pendientes son más inclinadas la protección es menor, de solamente 1 h

en caso de que en sentido transversal sea de hasta 2 h; pero como generalmente son dimensiones mayores, incluso 7 h. Cuando los declives son menores en las laderas, aumenta a 2 h en el primer caso y hasta 8 veces su altura cuando es extensa, lo cual garantiza una efectiva defensa contra los rigores del viento.

Las barreras cortavientos son el conjunto de elementos naturales, vivos (plantas de distintas especies resistentes al viento), que se siembran en hileras en el sentido transversal a las corrientes eólicas de mayor impacto sobre el terreno, con el objetivo de abrigar un espacio contiguo a sotavento. Por el hecho de ser elementos con formas irregulares, no macizos, sino semipermeables y de diverso tamaño, su protección es menos intensa en velocidad, aunque cubre una mayor distancia. Así se tiene que puede cobijar a 10 h con una reducción de entre el 60% y el 25%; y del 25% al 5% hasta a 15 h. Esta estrategia permite que se pueda maniobrar la velocidad del viento sobre la superficie del agua, cuando sobrepasa los límites establecidos de 5,4 metros por segundo o de 19 kilómetros por hora, donde comienzan las no tan deseables distorsiones.

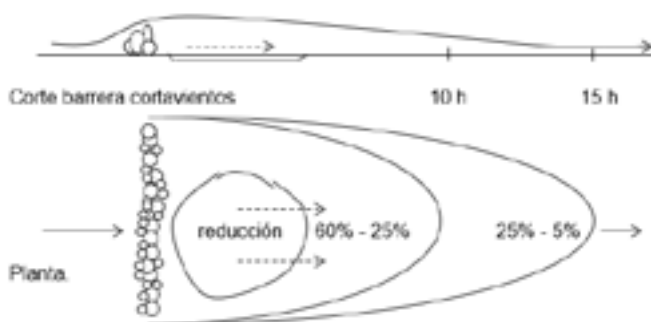


Figura 1.23.- Funcionamiento de la barrera cortaviento natural.

Otra característica para que el agua refleje de la mejor forma, tiene que ver con el color del fondo del estanque. Así, a mayor oscuridad, se hace más nítido. El negro es el ideal porque es el más absorbente, que al combinarlo con la capa superficial del agua, que es reflectante, produce los más intensos tonos. Este es el mismo efecto que producen los celulares de última generación, los cuales reflejan casi como un espejo, cuando se hallan apagados y oscurecidos, preferible que encendidos y presentando otros colores.

Psicológicamente, produce una sensación de mayor profundidad en el receptáculo, y una incertidumbre en los usuarios que impide su uso para otra función que no sea simplemente de espejo; lo contrario de las piscinas, en donde el color claro invita a introducirse en ellas, precisamente porque es posible apreciar el fondo, aunque alcance varios metros de hondura; sin embargo, sus superficies, no reflejan con la misma nitidez que los estanques, así se encuentren inmóviles; y los estanques solo necesitan entre 0.20 m y 0.40 m de calado para brindar mayor protección en los usuarios.

Una propiedad imprescindible es la limpieza de la superficie del agua, y no por el hecho de que no refleje, sino porque adquiere colores que influyen en los reflejos. Un agua verdosa, es muy probable que esté cargada de fito plancton, lo cual es muy conveniente para los peces en un criadero, pero reflejará con tonos verdes. Un agua llena de barro, reflejará con pigmentos pálidos; sin embargo, la misma es probable que emita buenas reflexiones una vez que

las partículas de arcilla se asienten. No obstante, con la lejanía, a medida que se cierra el ángulo con la perspectiva, tiende a desaparecer el color del agua, y asumir el de los elementos reflejados.

Quienes impiden los reflejos son las plantas acuáticas. Las hojas de estos vegetales son de superficie porosa, con reflexiones difusas que imposibilitan las especulares. Por eso, cuando son incluidas en el proyecto, se requiere un control permanente, puesto que además tienden a ser invasivas, atiborrando todo el estanque. Cuando son necesarias en algún punto del proyecto, es preferible sembrarlas solamente en poteras en el fondo del estanque, nunca por fuera de estos.



Figura 1.24.- Colocación de plantas acuáticas.

Zona de los reflejos o porción reflejada

El último de los tres componentes del sistema del espejo de agua, es la zona donde se ubican los elementos del paisaje que van a ser reflejados en el estanque, o sea, la contraposición o sitio opuesto (relativo), del mirador. Desde este punto se proyectan las, supuestas, mejores figuras de forma real directa, y virtual e invertida en sentido vertical sobre la pantalla del espejo. Inclusive, cuando la figura principal se halla en el centro del embalse, el lado opuesto del mirador representa al fondo de la visual.

Para que resplandezcan las figuras de la mejor manera, al igual que las dos zonas anteriores, se requiere que esta posea ciertas características, las cuales son:

Luz. La iluminación es esencial para que puedan apreciarse con la mayor intensidad, las figuras y sus reflejos. Durante las horas nocturnas resulta favorable mientras tenga luz artificial. Esta se enfocará directamente sobre las figuras para que sobresalga en medio de la oscuridad y su reflejo acentúe el paisaje. En la actualidad existen infinidad de colores con los que se juega para que resalte el efecto; generalmente la figura principal es alumbrada con el tono más fuerte (amarillo), para que resplandezca por sobre las demás que la complementan. El agua no se debe alumbrar porque resta intensidad a las figuras, a excepción de que funcione nocturnamente como una fuente luminosa de colores. La luminiscencia alarga los reflejos sobre el agua, ya que se produce un destello alrededor, el cual, sobre una superficie con brillo se extiende con mayor intensidad que en el aire. Además ante la existencia, aún de leves movimientos del agua, desde las figuras hacia el foco, se incrementa el esplendor; un efecto para tenerlo en cuenta en el diseño.

Pero en las horas del día, donde el que ilumina es el Sol, y lo hace por parejo para todo el terreno, la planificación del sistema del espejo debe contemplar las más óptimas inclinaciones de los rayos. Así se tiene que la mejor es cuando el astro ilumina de frente, o con inclinaciones cercanas a esta en relación con las figuras expuestas y desde la espalda del mirador, igual que en una fotografía, para que se puedan registrar de mejor modo los detalles, y evitar al mismo tiempo la contra sombra que oscurece a las visuales y los molestos

encandilamientos. En la siguiente gráfica puede apreciarse la mejor inclinación solar en el sistema:

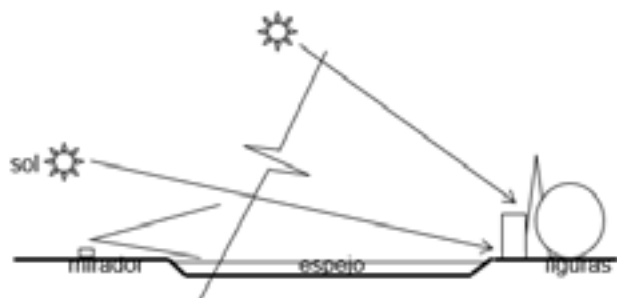


Figura 1.25.- Posición más adecuada del sistema en relación a los rayos solares.

Bajo esta premisa, se podría establecer que la mejor solución es colocar al oeste la zona de las figuras, cuando la mayor tendencia es a ser usada por las mañanas; y al este, en caso de serlo por las tardes. No obstante, aunque es cierta y conveniente la opción, esta no es una realidad absoluta; ya que un análisis de las cartas solares dejará ver más opciones. Así se tiene que en el Hemisferio Norte del planeta, el sol irradia, también de este a oeste, pero con inclinaciones hacia el sur; mientras que en el Hemisferio Sur, sucede exactamente igual, pero con inclinaciones hacia el norte. Esto significa que al ubicar en el Hemisferio Norte la zona de las figuras en el norte y el mirador en el sur; y en el Hemisferio Sur la zona de las figuras en el sur y el mirador en el norte, tendrán inclinaciones solares a favor durante todo el día. Este fenómeno se hace más notorio a medida que aumentan los grados de la latitud y los lugares se alejan del círculo ecuatorial, aunque en la zona tropical, con menores inclinaciones, también se presente el suceso. Esta ubicación es determinante para acentuar los reflejos.



Sistema del espejo de agua en el Hemisferio Sur

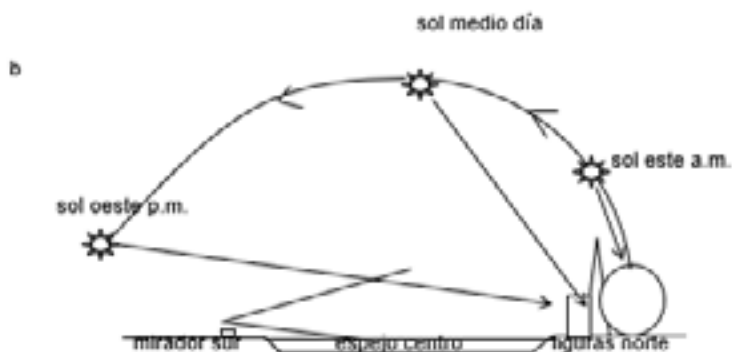


Figura 1.26.- Mayor tiempo de impacto de la luz solar en las fachadas de los elementos con respecto al mirador; según cada hemisferio.

El recorrido del Sol, cambia de sentido solamente en estas gráficas, con el objetivo de mantener constante la ubicación de los tres componentes del sistema y facilitar su razonamiento, ya que en realidad quien cambia es la ubicación del sistema óptico del espejo (se puede observar en las flechas del recorrido del Sol).

Sol y sombra. El hecho de que resalten las formas cuando el sol incide con inclinaciones cercanas a la fachada de las figuras, es porque se incrementa la luz directa y los cambios de relieves generan sombras que destacan las tres dimensiones en las vistas. Lo

contrario cuando el sol irradia de frente al observador, que además de lastimar los ojos (el foco), se aprecian solo los contornos y los detalles se oscurecen, lo cual dificulta la buena apreciación en el sistema del espejo de agua.

Los escultores son tal vez quienes mejor manejan las técnicas de luz y sombra sobre las figuras en las tres dimensiones; por ejemplo, con una simple muesca en la órbita de los ojos, le dan vitalidad a un busto que de otra forma sería imposible lograr. Y quien produce ese efecto son los rayos del sol sobre el elemento.

La manera como se forman las sombras es sencilla. Basta con prolongar las inclinaciones de los rayos solares directamente sobre los volúmenes; los más cercanos los van arrojando sobre los más alejados, de manera sucesiva, hasta llegar al fondo percibido. Por eso las vistas cambian con las horas, aunque es continuo el movimiento, es lento y el ojo no es capaz de captarlo sin que sea con la ayuda de una cámara rápida, por ejemplo. Observa sí, la diferencia entre un momento y otro en un horario específico. Por eso es posible establecer la dirección de las radiaciones en tiempos determinados. Para ello, lo más importante es conocer los declives de los rayos que inciden en el lugar, en los momentos extremos del día y de las temporadas, especialmente en los puntos donde se den las cuatro estaciones. El resto se promedian.

Y las distintas incidencias del Sol se pueden apreciar en las cartas solares⁵. Estas, solo para hacer un extractado resumen, se pueden calcular de la siguiente forma:

Se ubican el punto de salida en la mañana, el del cenit al medio día y el del ocaso en las tardes, en las fechas extremas: la más alta el 21 de junio en el solsticio de verano en el Hemisferio Norte, que es la más baja en el solsticio de invierno en el Hemisferio Sur; la más baja el 21 de diciembre en el solsticio de invierno en el Hemisferio Norte, y la más alta en el solsticio de verano en el Hemisferio Sur; y la del centro en los equinoccios, el de primavera en el Hemisferio Norte el 21 de marzo, que es el de otoño en el Hemisferio Sur, y el de otoño en el Hemisferio Norte el 21 de septiembre, que es el de primavera en el Hemisferio Sur. En ambas es el centro en la traslación. Cuando se halle ubicado el sol en las distintas posiciones, se traza una línea curva que los una respectivamente por cada fecha.

La fórmula para ubicar al sol en cada punto es la siguiente:

En los equinoccios: $\text{azimut} = 90^\circ - \phi$ en el cenit.

salida = 90° E

ocaso = 90° O

En el solsticio de verano: $\text{azimut} = 90^\circ - \phi \pm 23.5$

salida = $\phi \pm 90^\circ$ E

ocaso = $\phi \pm 90^\circ$ O

En el solsticio de invierno: $\text{azimut} = 90^\circ - \phi - 23.5$

salida = $90^\circ - \phi$ E

ocaso = $90^\circ - \phi$ O

Donde 90° es una constante que representa la media bóveda del cielo en altura desde el suelo plano, y un cuarto de la circunferencia para el azimut.

23.5 es también una constante y corresponde con una aproximación de la inclinación del eje sobre el cual gira el planeta alrededor del sol.

ϕ es la latitud del lugar en cuestión.

Así por ejemplo en la latitud 12° norte (que incluye a todos los puntos alrededor de la tierra con 12° norte, sin interesar la longitud que posea), el recorrido del sol es:

Equinoccios: 21 de marzo y 21 de septiembre

$$\text{Cenit} = 90^\circ - 12^\circ = 78^\circ$$

Punto de salida y ocaso = 90° E. y 90° O. respectivamente.

Solsticio de verano: 21 de junio

$$\text{Cenit} = 90^\circ - 12^\circ + 23.5 = 101.5^\circ$$

Punto de salida y punto de ocaso = 102° E. y 102° O.

Solsticio de invierno: 21 de diciembre

$$\text{Cenit} = 90^\circ - 12^\circ - 23.5 = 54.5^\circ$$

Punto de salida y punto de ocaso = 78° E. y 78° O.

Con este resultado, la gráfica para, por ejemplo, el 21 de diciembre en la latitud 12° norte, será:

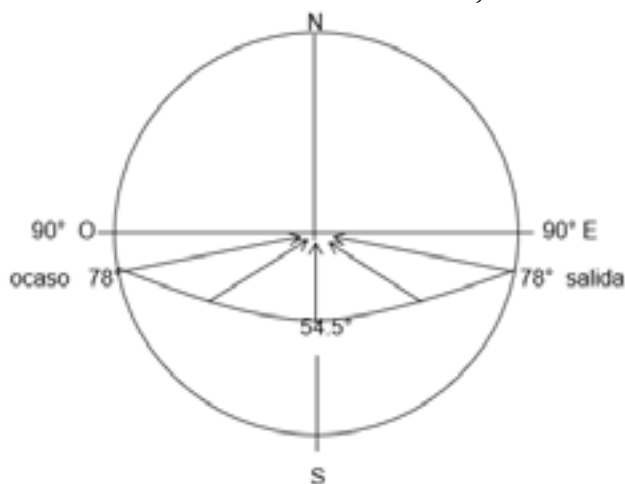


Figura 1.27.- Inclinaciones del 21 de diciembre en la latitud 12° .

La ubicación se halla con las medidas desde el punto Sur hacia el Este en la salida y del mismo punto hacia el Oeste en el ocaso. La forma como irradia el sol sobre las figuras en ese día en la hora del medio día, será por tanto:

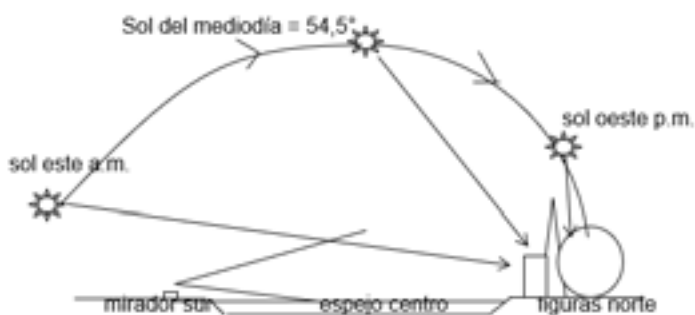


Figura 1.28.- De esta forma los elementos se verán irradiados por el sol del mediodía, todos los 21 de diciembre, justo cuando este se halla más bajo en el transcurso del año, en cualquiera de los puntos de 12° N alrededor del planeta.

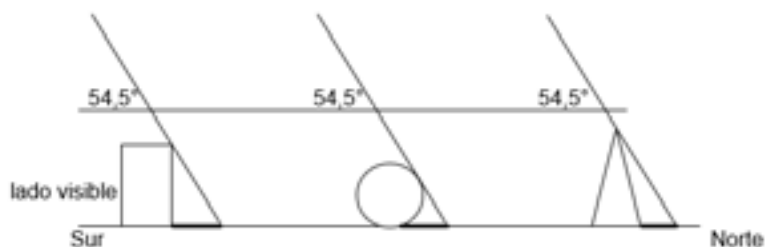


Figura 1.29.- Formas creando sombras el 21 de diciembre al mediodía en cualquier punto a 12° de Latitud Norte.

Al colocar cualquier figura con distintos relieves o volúmenes, en su fachada soleada se producen sombras que son arrojadas por el propio elemento, hacia sí mismo en las partes posteriores a la visual. Hasta el punto donde se corta la línea de caída del sol con el resto de la masa interpuesta, se produce el sombreado.

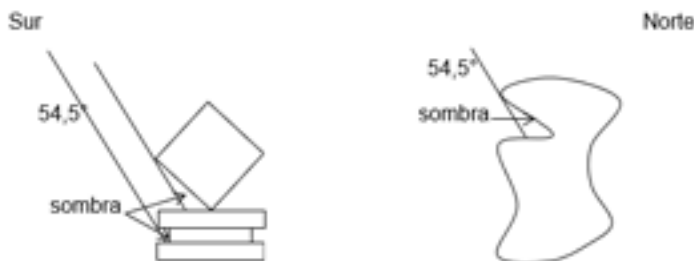


Figura 1.30.- Imágenes con sombras propias y auto arrojadas con la misma inclinación, hora y punto anterior, vistas de las fachadas al sur, desde el foco en el lado sur. También se produce reflexión del rayo hacia algunos puntos oscuros, con distintos tonos de sombras.

Se puede establecer igualmente el día en el cual el Sol se encuentra más alto. Al ubicar las sombras en ambos casos, se instauran las dimensiones y los límites de las manchas que generan cada elemento. El proceso es igual. La diferencia del resultado radica en el largo de las proyecciones: a mayor altura solar, las sombras son más cortas cuando son arrojadas sobre la horizontal y más largas al recaer sobre una sección vertical. Al observarlas de frente, o en fachada desde el mirador, se realza el efecto del claro oscuro, como puede apreciarse en la siguiente gráfica:

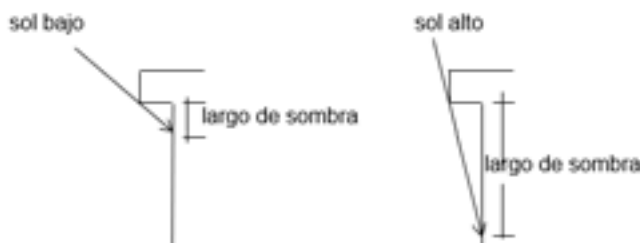


Figura 1.31.- Efecto de sombras según la inclinación solar en un mismo elemento.

Un elemento con relieve muestra la diferencia de la sombra auto arrojada, entre la máxima y mínima altura solar, en diferentes días, pero en una hora determinada.

Contrastes. Con lo visto hasta este punto en lo relacionado con el tercer componente del sistema, se puede notar un juego de luces y sombras naturales, que en el fondo es el realce en la formación de contrastes. Por lo tanto, los contrastes son las diferencias relativas que resaltan los efectos en las visuales. Y el antes mencionado (claro-oscuro), es apenas una fracción de estos, puesto que existen formas diferentes de generarlos.

Los contrastes que mayormente se efectúan, en este caso, son entre figura y fondo. Por lo general se quiere resaltar a un elemento de entre un fondo relativamente uniforme, que puede ser un poblado, un edificio, o una cabaña cuando son grandes las dimensiones, o una escultura, una tinaja o una planta específica, cuando se trata de proporciones más reducidas. Aunque a veces, también existen contrastes dentro de una figura, cuando se quiere mostrar alguna parte concreta.

Las otras formas de lograr contrastes pueden ser mediante el uso del color, de texturas, formas, tamaño, cambio de sentido, espacio lleno o vacío, etc.

Color. La aplicación de colores es una manera bastante conocida de lograr contrastes. Para ello es necesario conocer el llamado círculo cromático, que no es otra cosa que la ubicación del color según su formación. Aunque según los estudiosos del tema existen nueve millones entre colores, tonos y matices, la base de todos es la siguiente:

Colores primarios: son los básicos, que no pueden ser extractados de otros. Estos son:

Amarillo

Azul

Rojo

La combinación entre ellos producen los colores secundarios, que son:

Verde: resulta de la mezcla de amarillo y azul.

Violeta o magenta: de la combinación de azul y rojo.

Naranja o salmón: amarillo más rojo.

La proporción utilizada en la mezcla de estos colores produce una gran variedad que forma el círculo cromático, que empieza en uno primario y gira completamente pasando por todos los demás formados, hasta volver a llegar al mismo punto.

A estos se le adicionan el blanco, como la suma de todos los colores y el negro como la ausencia de ellos. Al mezclarse estos producen el gris, que a su vez pueden ser claros u oscuros en una cantidad muy grande de tonos, que dependen de la proporción de blanco y negro utilizados; y al hacerlo con el resto de los que se hallan en el círculo cromático, se multiplican y producen una totalidad que puede llegar hasta a nueve millones.

Para formar contrastes, basta con asociar colores opuestos, los cuales son tomados de la mezcla de dos primarios (que generan uno secundario), con el otro primario no usado en la combinación. Ellos, empezando por los primarios son:

Amarillo – violeta.

Azul – naranja.

Rojo – verde.

A estos se le pueden sumar los extremos: negro – blanco. Existen otros colores, que aunque no son opuestos o complementarios, generan ondas que se pueden percibir como contrastantes, los casos más comunes son:

Opacos contra brillantes:

Gris – amarillo.

Gris – rojo.

Gris – naranja.

Luminoso contra oscuro:

Amarillo – negro.

Blanco – azul turquí o petróleo.

Cálidos contra fríos:

Naranja – verde.

Rojo – azul.

También es posible la utilización de un mismo color, pero con tonalidades opuestas en extremo.

Crema – caoba.

Celeste – turquí.

Rosado – púrpura.

Pasando a la realidad del paisaje, es normal ver los contrastes entre figura y fondo cuando, por ejemplo el fondo es de material vegetal (verde) y las figuras son terracotas (tonos rojizos); o esculturas blancas (tonos claros), contra el mismo fondo verde oscuro.

Cuando el fondo es de tipo urbano (tonos grises), resaltan las figuras de tonos brillantes (amarillos, rojos, naranjas, blancos e, inclusive, negros); cuando la base es terracota (ladrillos rojizos), sobresalen las figuras azul oscuras y los tonos verdosos como el bronce.

Tamaño. La diferencia en las dimensiones de los elementos produce también contrastes. En el espacio se ubica siempre lo grande a posteriori (el fondo, o cuando se requieren varias figuras), de lo pequeño. En ocasiones lo diminuto puede ser un conjunto de hojas pequeñas, o baldosines, que forman un respaldo a algún elemento grande que sobresale al anteponerse.

Generalmente el contraste por tamaño va asociado con el color: las figuras pequeñas tienen, para relucir, colores más brillantes y las de mayor longitud, más opacas.

Texturas. Las texturas pueden variar desde las más rugosas o ásperas como las piedras, concreto a la vista, ladrillos toscos, hasta las de superficie lisa y pulimentada como las metálicas y los vidrios. Su disposición en las visuales depende del diseño. Siempre generan sorpresa al mezclarse materiales que en apariencia no conjugan; y esa misma sensación genera cierta atracción. La luz proporciona un efecto importante cuando se refleja de diferentes maneras en la superficie de los elementos. Por ejemplo:

Agua: Un espejo de grandes proporciones por su gran reflexión especular, más específicamente cuando se mira en perspectiva.

Vidrio: Traslúcido y puede emitir reflejos destellantes al mismo tiempo. Transmite modernidad cuando las formas son simples.

Madera: Opaco, rugoso y natural. Rústico. Si está tratada puede manifestar lo contrario. Por lo tanto es un material muy expresivo.

Piedra: Opaco, tosco y natural. Para colocar en el suelo de base mezclado con plantas, o verticalmente como pared de fondo. Variabilidad de tamaños y de colores. Los cantos rodados de menor dimensión pueden usarse como arena gruesa y regarse simplemente en el suelo. Últimamente se ha incrementado el uso de jardines de piedra.

Arena: Opaco, sinuoso, y natural. Suelo seco. Transmite calma. Variedad de colores según su procedencia.

Plantas: Opacas, gráciles y naturales. Infinidad de tonos verdes y rojizos. Cambian con las estaciones. Múltiples formas. Aunque muchas especies pueden tener la superficie de las hojas brillosas, siempre será un grácil material mate. Transmiten vivacidad al paisaje.

Metales: Opacos como el bronce, hierro, aluminio. Brillantes como el acero galvanizado. Son el material de mayor uso en las esculturas.

Porcelana: Opaca, terracota naturalmente. Material de gran uso para todo tipo de vasijas que adornan el paisaje de pequeña dimensión. Brillante para elaboración de baldosines de fondo y figuras en interiores.

Concreto: Material mate elaborado in situ. Artificial. Rústico. De fondo, aunque es posible elaborar esculturas debido a su alta manejabilidad.

Ladrillo: Opaco, rústico. Uso de fondo en paredes, su disposición en la construcción permite amenas creaciones. Su color terracota turbio contrasta excelentemente con el verde brillante de las plantas.

Contraste de posición. Tiene que ver con el encuadre del espacio al distribuir los elementos: arriba / abajo, izquierda / derecha, céntrico / excéntrico, más cercano / más alejado, etc.

Contraste de cambio de sentido. Se refiere particularmente al sentido vertical que representa la actividad, y al horizontal que representa la pasividad. Aquí puede incluirse la diagonal como símbolo de movimiento y equilibrio al mismo tiempo.

Contraste de gravedad. Son dos: estable / inestable o estático y móvil; y ligero / pesado o liviandad y fortaleza.

Contraste de espacio. Solo es: ocupado / vacío, o apretado y holgado.

-

Hasta éste punto se han descrito de forma sencilla las características que debe poseer cada una de las partes que conforman el sistema óptico del espejo de agua, para que funcionen de la mejor manera posible.

Puede complementarse con otros textos, seguramente, más profundos, con detalles constructivos de cada una de ellas, etc.; lo importante por conocer, desde éste punto de vista, es que son necesarios estos espacios para caracterizarlos y proyectar las dimensiones, pues es más que el recipiente cargado con el líquido, y tienen un lugar establecido dentro del sistema óptico, aunque a veces sea relativa la ubicación de los dos elementos alrededor del reservorio.

El resto es cuestión de los cálculos necesarios para que puedan funcionar adecuadamente, es decir, con

total precisión a la hora de definir las dimensiones justas de cada elemento. Estos son los que se estudian en el capítulo a continuación.

Notas

- 1.- nm = nanómetro, medida que corresponde a 0,000000001 metro.
- 2.- Albedo o reflexión solar: medición de 0 a 1, o en porcentaje de los reflejos que producen los distintos elementos al ser incididos por la radiación solar. El color es un factor primordial.
- 3.- De los tres elementos que conforman el sistema óptico de los espejos, el mirador es quien tiene más características comunes con las de las plazas; por ello resulta obvio; no obstante en el siguiente capítulo de cálculos, la forma y dimensión de su mobiliario, se hace imprescindible para realizarlos.
- 4.- Rosa de vientos: representación gráfica que corresponde a un diagrama de círculos concéntricos, cuyos radios muestran a escala, las frecuencias de las observaciones en cada sentido desde donde proviene el viento, medidos durante un período de por lo menos 5 años, y como mínimo de 8 veces diaria con intervalos iguales.
- 5.- Cartas solares: gráficas que muestran el recorrido del sol en cada mes del año y a cada hora, en una latitud determinada, para indicar la inclinación con la cual incide sobre los distintos elementos.

Capítulo II.

Funcionamiento y cálculos

El propósito de estos cálculos es el de cuadrar con total precisión a las figuras y los reflejos que estas reproducen; es hallar el punto justo que recorren las imágenes inversas vistas desde determinados focos sobre la superficie del agua, para armar paisajes enmarcados bajo parámetros previamente definidos. Para ello es necesario inmiscuirse en la física de los espejos planos y en las leyes de la reflexión, las cuales, al establecer un análisis minucioso, arrojan gráficos que conllevan, por sí mismos, con el empleo de la escala o de ciertos programas en el ordenador, a su resolución; y facilitan además la formulación lógico matemática de las variables que se presentan.

Leyes de reflexión sobre los espejos planos

El principio básico es el siguiente: Un espejo plano refleja porque es una superficie en grado sumo, lisa, por lo tanto contiene una infinidad de normales que siempre son perpendiculares a su faz, lo cual permite conservar 90° de modo estable que reaccionan a los rayos incidentes con rayos reflectantes de mayor intensidad, por su mayor concentración al ser unidireccional. La ley de la reflexión sobre los espejos planos expresa que el ángulo formado entre el rayo incidente con la normal es igual y opuesto al ángulo del rayo reflejado; y que ambos se encuentran en un

mismo punto con la normal, donde se transforman. Al realizar una gráfica donde se muestre un solo haz de luz sobre una partícula en la superficie del espejo, sería como la siguiente:

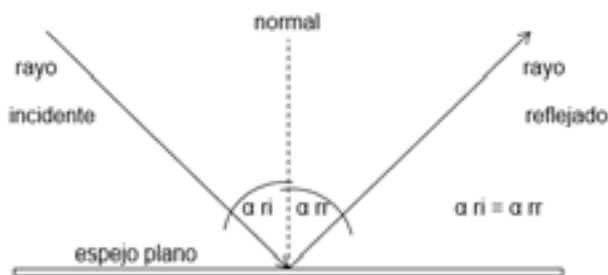


Figura 2.1.- Rayo incidente, normal y rayo reflejado por el espejo en un punto x del plano.

Asimismo, otros principios de reflexión de los espejos planos son:

- 1.- La imagen formada es simétrica, porque aparentemente se halla a la misma distancia del espejo.
 - 2.- La imagen es virtual porque no existe realmente, aunque se observa dentro del espejo cada vez que se enfoca hacia éste.
 - 3.- Es derecha porque conserva la misma orientación que el objeto.
 - 4.- Es invertida en el sentido derecha izquierda.
 - 5.- La imagen formada es del mismo tamaño que la real.
- A partir de estos principios, es posible plantear las siguientes hipótesis:

- 1.- Que todo lo que se observa a través de un espejo son, en realidad, rayos reflejados derivados de los incidentes, que a su vez son los destellos de los verdaderos que provienen directamente del impacto de la luz del sol sobre los diversos cuerpos. Por lo tanto, esto conlleva a

ser más relevante la ubicación del foco. La procedencia de los rayos incidentes es por ello relativa al enfoque, es decir, siempre viene desde el lado opuesto del observador, sin importar el lugar donde este se encuentre.

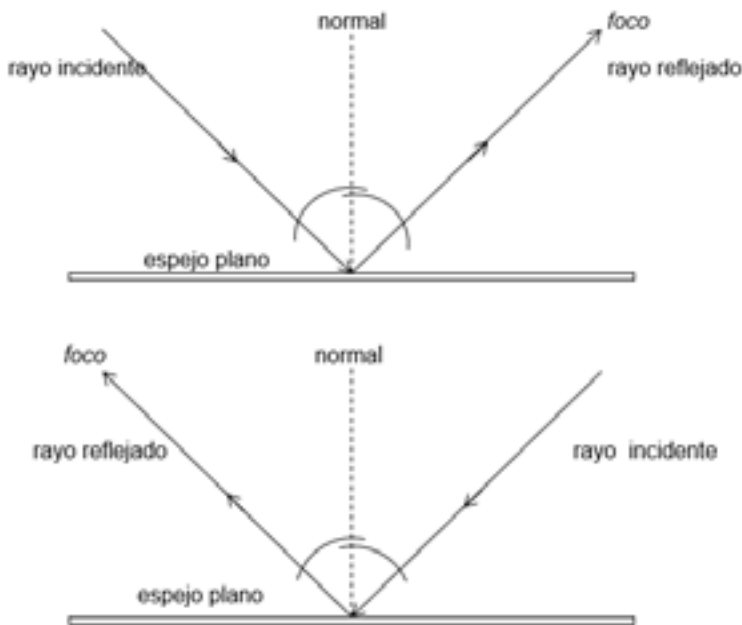


Figura 2.2.- El sentido de las flechas (rayos), se invierte con el cambio de foco.

2.- Cuando el foco coincide con la normal en un punto (debe hallarse perpendicular a ese punto del espejo), el ángulo es 90° , el resultado es una igualdad entre el rayo incidente, el reflejado y la normal.

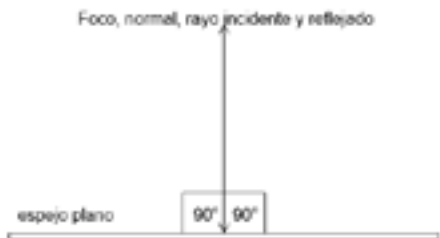


Figura 2.3.- Coincidencia entre el foco, la normal, el rayo incidente y el reflejado, cuando es completamente perpendicular al punto en la superficie.

Eso es lo que ocurre siempre que una persona se observa en un espejo cercano con un solo ojo hacia ese ojo: coinciden la normal con el rayo incidente y el rayo reflejado: se percibe a sí misma perpendicularmente; no obstante, al momento de alterar el ángulo de la visual, aún desde el mismo punto, varían con ello las normales, los rayos incidentes y los rayos reflejados, lo cual muestra imágenes diferentes (con mayor intensidad hacia la parte externa de cada lado del espejo), y estas aumentan con el tamaño de la superficie, como puede estudiarse con el siguiente gráfico donde el plano se halla ubicado verticalmente.



Figura 1.24. - Colocación de plantas acuáticas.

Este caso sucede porque la superficie del espejo refleja por completo, se puede decir que tiene un número de normales infinitas, que colman cada partícula en su total extensión. Así mismo es el número de rayos, tanto los que llegan como los arrojados, pues se supone que estos existen con cada normal. Es, por decirlo de alguna manera, un funcionamiento mejor que la más alta resolución de píxeles en una pantalla. Por este motivo es que, aun cuando las imágenes son virtuales y se observan en un solo plano, se manifiesta claramente la tercera dimensión. Como es imposible de representar gráficamente el fenómeno, porque se vería como una mancha completa donde no se definen ninguno de estos, se puede resumir con

el siguiente esquema, donde muestra normales en un solo sentido y a cada centímetro, aproximadamente y a escala 1 : 1.

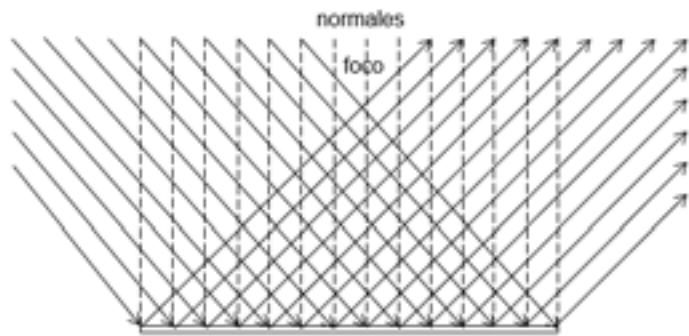


Figura 2.5.- Representación esquematizada de las normales sobre algunos puntos del espejo. Los rayos están ubicados en un solo sentido, pues por ser el foco en el centro, percibe y emite en todas las direcciones.

Por lo tanto el área que cubre un espejo plano con el foco en el centro se mide al extender una línea recta desde el mismo punto central, hasta cada orilla, el cual será el rayo reflejado; y con la misma inclinación hacia el lado opuesto se percibe el espacio que es capaz de captar el cristal, en línea recta, que es el rayo incidente, desde ese único foco, como puede apreciarse a continuación:

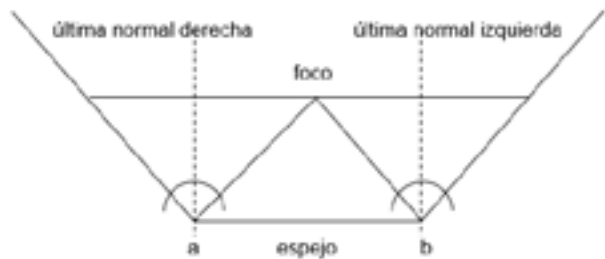


Figura 2.6.- Máxima visión que puede captar el espejo a – b desde el foco en el centro.

De ésta forma se tiene que, cuando el foco se desplaza hacia la cercanía del espejo, su captación se amplía

con el incremento de los ángulos formados con las normales extremas, lo cual es posible observar en el siguiente esquema:



Figura 2.7.- El foco se acerca a la superficie del mismo espejo anterior. Se abre el ángulo del rayo reflejado, y por consiguiente el del rayo incidente.

Y lo contrario sucede con el alejamiento del foco, lógicamente. Como puede notarse en la próxima gráfica.

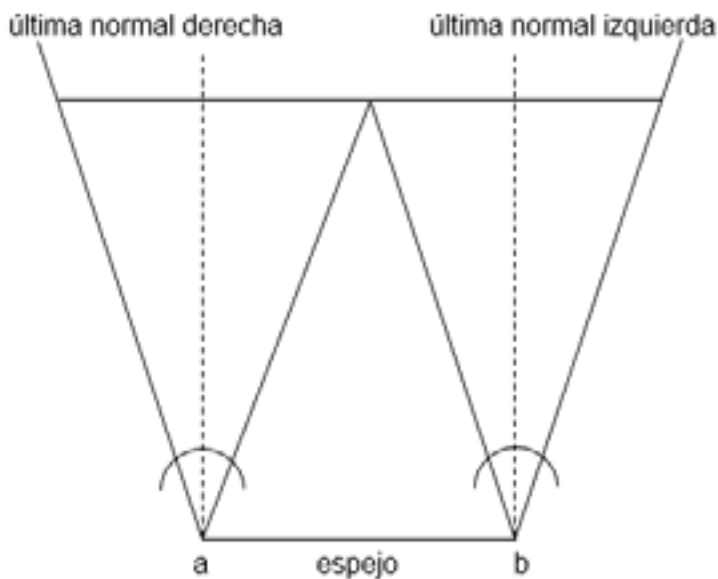


Figura 2.8.- El foco se aleja de la superficie reflectora.

Y al momento de desplazar el foco hacia algún lado, el procedimiento es igual, sólo cambian los ángulos entre uno y el otro extremo, y aumenta la visibilidad hacia el lado opuesto; no obstante, siempre se conserva la igualdad entre cada ángulo formado por el

rayo reflejado con el rayo incidente, como se observa a continuación:



Figura 2.9.- Con el foco descentrado. Diferencia angular entre ambos márgenes.

Sin embargo, la línea paralela existente entre el espejo y una imaginaria a la distancia del foco, que se denomina la línea de captación, siempre se mantiene constante: dos veces la longitud del plano (la superficie de la lámina reflectante), lo cual significa que un espejo tiene la capacidad máxima de emitir reflejos al doble de su tamaño, con solamente mirar desde un punto fijo, hacia los extremos de este; mientras el enfoque se encuentre dentro de las normales, o perpendicular a algún punto de la superficie de este. Por ejemplo, una persona para verse completamente en el espejo, necesita un plano que debe medir casi la mitad de su tamaño hasta los pies, más la distancia de los ojos hasta la parte superior de la cabeza, como muestra el siguiente gráfico:

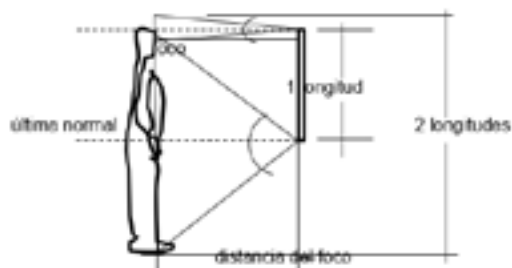


Figura 2.10.- Foco frente al espejo y condición para su total observación. La última normal, en este caso, es la perpendicular del borde inferior del espejo.

3.- Cuando el foco se encuentra por fuera de las normales que produce la superficie del espejo, expresa dos cosas: una es que el observador se encuentra a un lado del espejo, sin una normal perpendicular a su superficie (no se observa a sí mismo); y dos, que todas las visuales corresponden con vistas del sector opuesto. La diferencia entre las normales extremas son los ángulos que se forman con el enfoque alejado.



Figura 1.11.- Espejo panorámico inverso.

A medida que el foco se aleja de la normal más cercana del espejo, su campo visual, con respecto al foco, muestra con mayor grado el lado opuesto. En la gráfica del espejo con superficie a – b, corresponde con la extensión de los ángulos y con la misma profundidad del foco en c – d; aun cuando se extienda la visual hasta el fondo lejano. Ya la línea imaginaria paralela mide más del doble; no obstante, al medir la distancia c – d, se puede comprobar que el resultado es igual a dos veces la medida del plano del espejo. Al realizar una gráfica con un foco más alejado aún de la perpendicular más cercana del espejo, se obtiene lo siguiente:

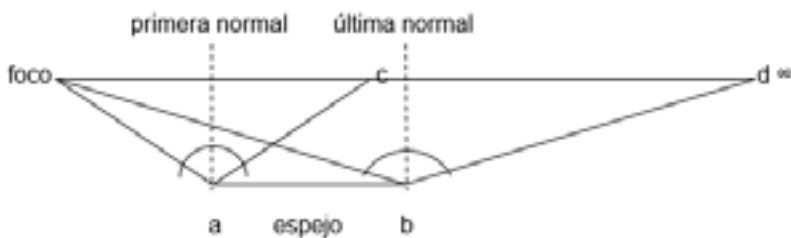


Figura 2.12.- Foco alejado de la superficie del espejo.

Los puntos intermedios se observan, igualmente, con el ángulo formado desde el foco, como se aprecia en el siguiente gráfico con y, en la superficie y z, del rayo incidente:

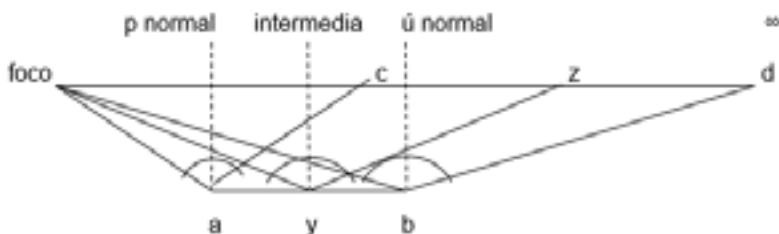


Figura 2.13.- Punto intermedio "y"

La medida $c - d$, se mantiene constante, lo cual significa que la capacidad de captación del espejo es también de 2 longitudes angulares, de un extremo al otro, en línea recta hasta el infinito, aunque el foco se encuentre por fuera de las normales, o completamente retirado del plano reflectante. Y la medida intermedia ay es igual a la mitad de cz .

Por lo cual, es posible afirmar que:

$$cd = 2 ab; \text{ o, } ab = cd/2$$

Así, la capacidad de un espejo plateado, tomando el siguiente ejemplo en un recinto cerrado de 4,00m x 4,00m x 2,40m y cuya medida es de 2,00m de ancho x 1,60m de altura, ubicado al fondo y en el centro, des-

de 2 focos: a, en el centro de la puerta de entrada ($h = 1,70\text{m}$), y b, en otro punto interno con igual altura, es la siguiente:

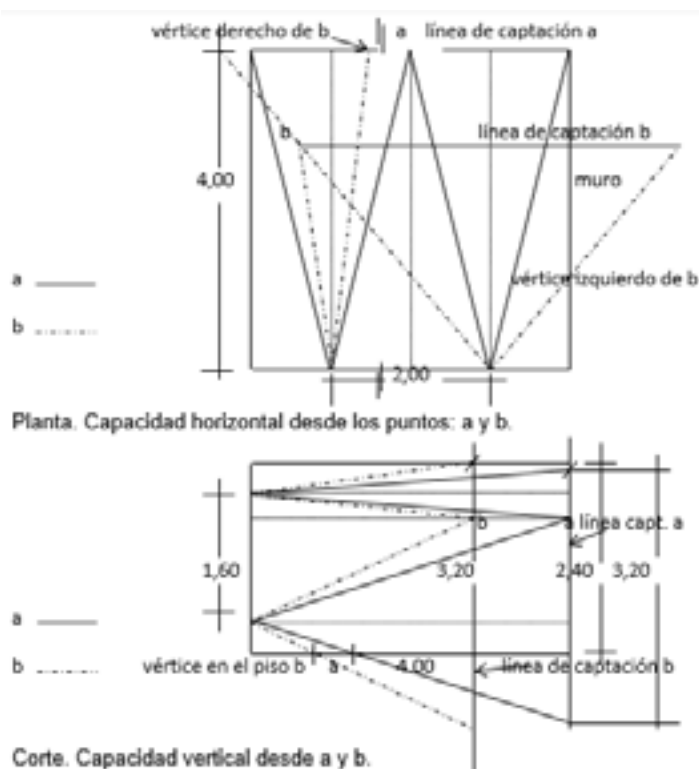


Figura 2.14.- Capacidad máxima de un espejo desde dos focos, en un recinto cerrado.

En el gráfico se observa la proyección de la capacidad del espejo ampliada al doble angular desde ambos focos a su respectiva distancia. En el corte, con la misma trayectoria, se puede notar en la proyección, hasta donde se encuentra con el techo y el piso, los puntos justo hasta los cuales llegan los reflejos. Desde el foco que se tome, en cualquier lugar del recinto, el procedimiento es igual. En el vértice donde se cortan las líneas con los muros, significa que hasta allí se observará desde ese

enfoque, puesto que estos son opacos; En caso de ser transparentes, por ejemplo si el material es de vidrio, la visual se prolongará hasta donde exista un corte con un elemento opaco que lo impida.

En caso de existir, por ejemplo, un punto fijo c, la posición en una silla del administrador del local, a la altura de 1,20 m, exactamente en el lugar donde antes se hallaba b, la planta será igual a b de la figura anterior; pero en el corte varía por la diferencia de niveles. Ver figura 2.15.

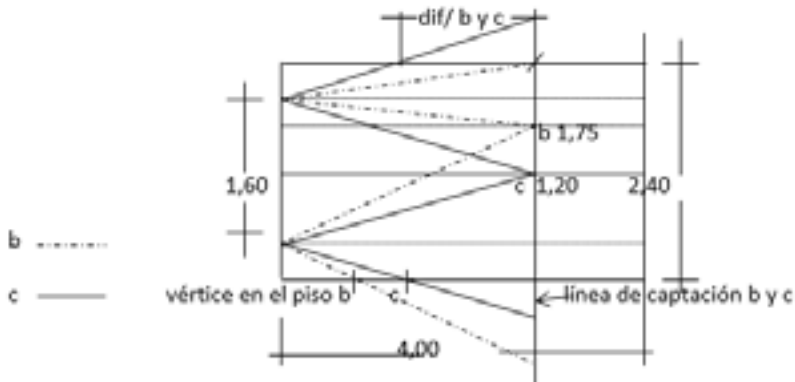


Figura 2.15.- Corte. Capacidad vertical desde b y c, con diferente altura.

En la gráfica anterior, la diferencia en la percepción desde un punto con igual línea de captación, pero con distintos niveles. El punto c, por hallarse más bajo, tiene mayor percepción de la cubierta (se indica en la diferencia b y c), y también una menor visual desde el espejo hacia el suelo.

4.- Que la imagen, por ser simétrica, muestra la existencia de una igual distancia entre el objeto reflejado y la superficie del espejo, con la del objeto real y la misma; por esta causa, encontrar la ubicación precisa en el espejo resulta

bastante sencilla. Simplemente se une la distancia en la que se encuentra el objeto con la de la parte posterior del espejo que es equivalente, y se prolonga la línea del rayo reflejado hasta el foco. Donde se corten, es el punto preciso desde donde se observa en la superficie, como se puede apreciar en la siguiente gráfica, en la cual el punto objeto se encuentra en exceso dimensionado, lo cual es solo para facilitar su observación, al igual que en las siguientes.

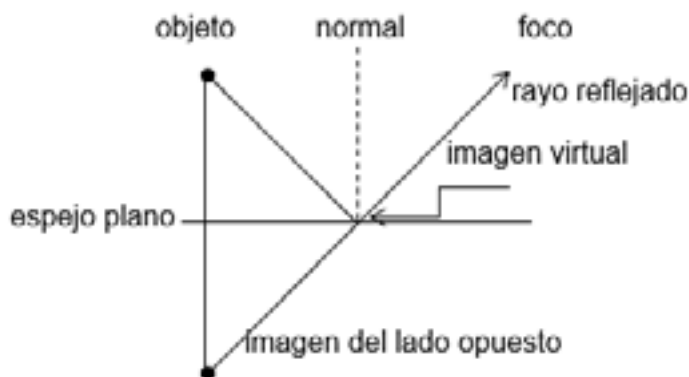


Figura 2.16.- Simetría en la superficie del espejo.

Esto significa también que al concordar varios elementos en la misma trayectoria del rayo incidente, solo se apreciará el último, el más alejado del foco, porque al encontrarse en la cercanía a la superficie del espejo, bloquea a los demás. Este puede ser un efecto explotado en la planificación con espejos, el cual puede producir cierta incertidumbre al formar lo más parecido a una cuarta dimensión. En el siguiente gráfico aparecen tres elementos: a, b y c sobre un mismo trayecto que, desde un mirador se pueden apreciar tres reales en el espacio precedente y uno solo virtual en el espejo. Sin embargo se requiere una gran precisión debido a que el punto del foco debe ser

reducido, o la figura posterior puede ser mayor, como margen de error por el efecto de las tres dimensiones.

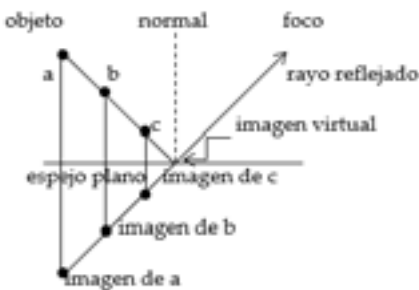


Figura 2.17.- Alineación entre el foco y el reflejo de los objetos, donde el más cercano bloquea al resto.

5.- Cuando los objetos no se encuentran en la misma trayectoria, algo que es usual porque en este caso no existe el vacío, debido a que siempre hay un fondo con elementos “secundarios” que generan diferentes normales, por tanto otras incidencias y reflejos en las tres dimensiones, por ejemplo el caso del foco que se encuentra en la perpendicular y con solo variar el ángulo de la visual se obtendrán diversas reflexiones; cambian todas las variables, menos el punto del foco. Este hecho es imprescindible al momento de calcular las diferentes mediciones en el sistema óptico de los espejos de cualquier tipología. En el siguiente gráfico puede apreciarse el fenómeno.

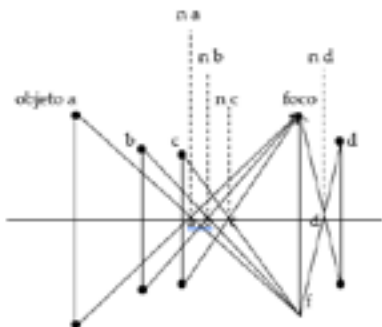


Figura 2.18.- Diferentes puntos arrojando, cada uno, su propio rayo incidente con respecto a un único foco.

La forma de colocar todos los puntos con gran precisión es ubicar a cada uno por la parte trasera de la superficie del espejo con las mismas medidas y estos se unen con el foco. El fragmento de la lámina donde se encuentran es el de la normal, y como se puede constatar, los ángulos que forman estos son exactamente iguales y llegan al mismo punto. Las figuras a, b, c y d, muestran el sitio justo donde son reflejados en el espejo, con respecto a ese foco. Las tres primeras imágenes reflejan hacia la derecha del espejo, mientras que la d, lo hace hacia la izquierda.

En el caso de que exista otra persona en un lugar cercano, habría un segundo foco. La forma como observa los reflejos ésta última depende del lugar donde se encuentre, como puede notarse en la siguiente gráfica, formando el foco número 2, con distintos reflejos de las mismas figuras con respecto del 1.

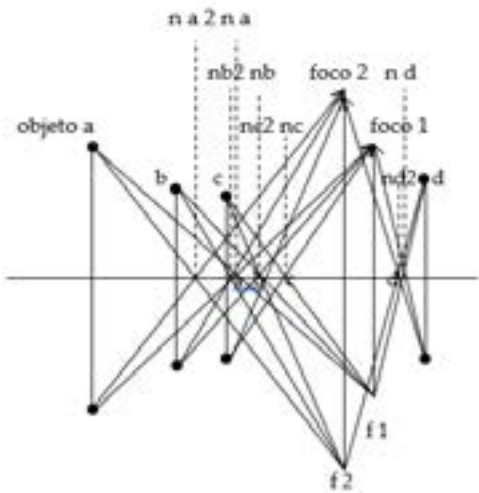


Figura 2.19.- Es la muestra anterior (foco 1), más los rayos de un segundo foco.

También es un hecho que el nuevo foco 2, puede apreciar al foco 1; y éste a su vez puede observar al 2. El procedimiento para ubicarlos es igual. Se puede apreciar claramente, que el punto donde se observa el foco 1 y el 2, convergen en la superficie reflectora.

Hasta este punto es posible determinar que un factor imprescindible en el planeamiento del sistema óptico de los espejos de agua, es la distancia. Por ello en un espejo personal solo cabe la imagen de la cara de la persona, en uno grande de pared se posibilita la existencia de varios focos; pero en uno de gran extensión pueden existir muchos; y un espejo de agua, por pequeño que sea, puede generar numerosas visuales. Más adelante se hace referencia a las distancias adecuadas.

Así es como hay que determinar el hecho de que un foco no se anteponga a otro. La explicación es la siguiente:

6.- Que un elemento que se encuentre en el trayecto del rayo reflejado, obstruye la visual trazada proveniente de la superficie virtual.



Figura 2.20.- Cuerpo b, obstruye el reflejo de a.

Además de bloquear la visual proyectada, b se convierte en otro elemento de reflexión desde el foco.

Solamente hay que unir el punto con el de su profundidad detrás del espejo, y este con el del foco para conocer el lugar preciso de la reproducción de su imagen en la superficie.

7.- Que en el reflejo, las medidas de los elementos reales se invierten según su ubicación; de esta manera aumentan los que se encuentran más alejados del foco, y al mismo tiempo en la proximidad a la superficie del espejo (que por la distancia deben verse más pequeños), y viceversa. En el ejemplo de la figura 2.21, en donde se toman, para mayor facilidad, tres varas de igual tamaño, dispuestas horizontalmente y con el foco perpendicular, puede apreciarse fácilmente el efecto.

Las líneas punteadas marcan la proyección de cada vara desde el foco hasta la superficie del espejo, las flechas indican el reflejo. Nótese la diferencia en el plano. En caso de ubicarse a los elementos a diferentes alturas, pero cercanas, el efecto podría ser sorprendente.

Hasta aquí se han tomado como ejemplo para reflejar: puntos y varas a manera de líneas, lo más cercano a una sola dimensión. Es simplemente el método utilizado para explicar el tema de manera fácil. Sin embargo los espejos proyectan en dos dimensiones, aunque se trate de volúmenes (de la misma manera como se observa el elemento en tres dimensiones en el gráfico 2.22). Esto sucede por la sencilla razón de que son planos y captan las fachadas relativas entre el foco, el espejo y la figura. Para lograr las tres dimensiones virtuales, basta con tomar los puntos extremos de cada elemento y proyectarlos de la misma forma. Por ejemplo, la figura 2.22.

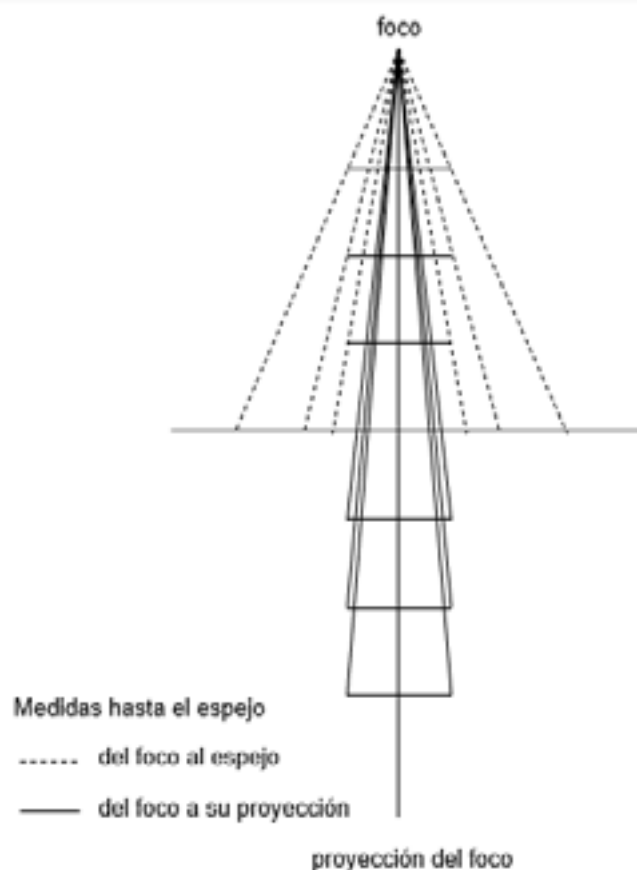


Figura 2.21.- Inversión de los reflejos debido a la distancia.

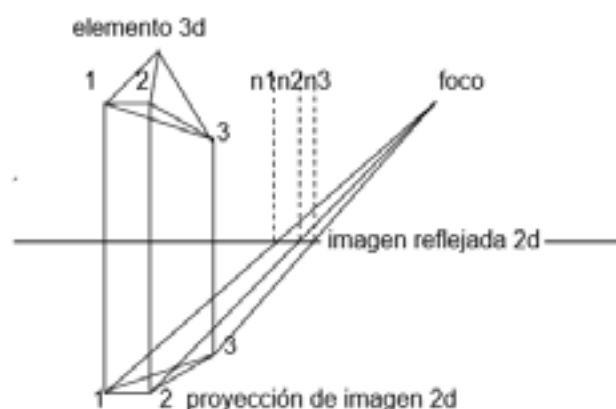


Figura 2.22.- Reflejo en dos dimensiones de un elemento de tres.

Con las hipótesis planteadas hasta éste punto, las cuales han dilucidado el funcionamiento angular de las visuales en los espejos, solamente habría que trasladarlas desde las superficies de aluminio, estaño o de plata comunes, a los de agua.

Espejos de agua

Se aplican todos los puntos dados anteriormente, la única diferencia radica en que por su naturaleza, la superficie del espejo de agua siempre se va a hallar dispuesto de manera horizontal, lo cual plantea algunos ajustes en su planificación. Estos son los siguientes: 1.- El foco nunca podría encontrarse perpendicular a la superficie, de no ser que se pudiera contemplar desde el aire y sin la obstrucción de otros elementos, por lo tanto el foco siempre se va a hallar a un lado de la superficie, por fuera de las normales. Esto exalta la nitidez del reflejo, porque el agua, por ser en parte transparente muy a pesar de la capa superficial, impide los reflejos al 100% desde el frente y se aprecia mejor de manera angular. 2.- El otro cambio primordial es que la inversión derecha – izquierda desaparece y se transforma en arriba – abajo, lo cual es un efecto que realza el valor de las visuales al generarse una simetría en sentido vertical.

Entonces, al aplicar las leyes de los espejos planos y la de reflexión de la luz, sobre la superficie de los estanques, se tiene que:

El ángulo entre el rayo incidente con la normal, es igual al reflejado.

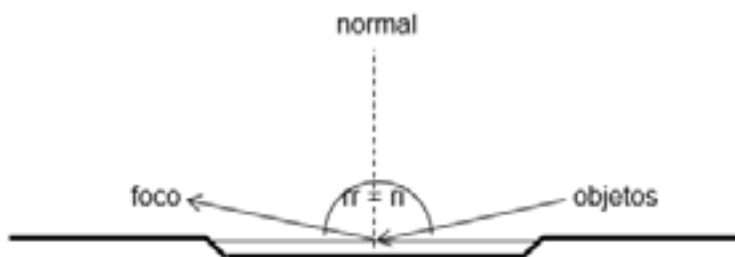


Figura 2.23.- Rayo incidente y rayo reflejado en el espejo de agua.

El hecho de que todo lo que se observa por el espejo son los rayos reflejados, significa que la ubicación del foco es imprescindible, puesto que con esta se define exactamente la trayectoria de los rayos incidentes. Y al hacer las proyecciones desde cualquier punto del enfoque, se conoce la capacidad del estanque, la cual puede llegar hasta el infinito (representado en el cielo), en caso de no encontrarse con elementos lo suficientemente amplios, que obstruyan la visual, esta es:



Figura 2.24.- Capacidad máxima de reflexión del estanque, desde ese foco.

La pantalla del espejo proyecta los reflejos de todos los elementos que se encuentren entre la normal más cercana al foco y la última normal. Ese es el enmarque de la obra.

La línea que sobreviene de la normal adyacente al enfoque (cercana), corresponde con la parte fron-

tal y conviene que esté despejada para mostrar la parte superior que es el cielo; la de la normal más lejana siempre se encuentra obstruida por las partes inferiores de los elementos, o la orilla lejana del estanque, en una ilusoria delimitación o encuadre de los reflejos. Esta última es sustancial para concebir la distancia de los objetos, los cuales han de reflejarse completamente, o manejarse a la libre conveniencia del planificador de la obra. No obstante, es necesario para ello conocer su funcionamiento. En los dos siguientes gráficos se muestra un ejemplo:

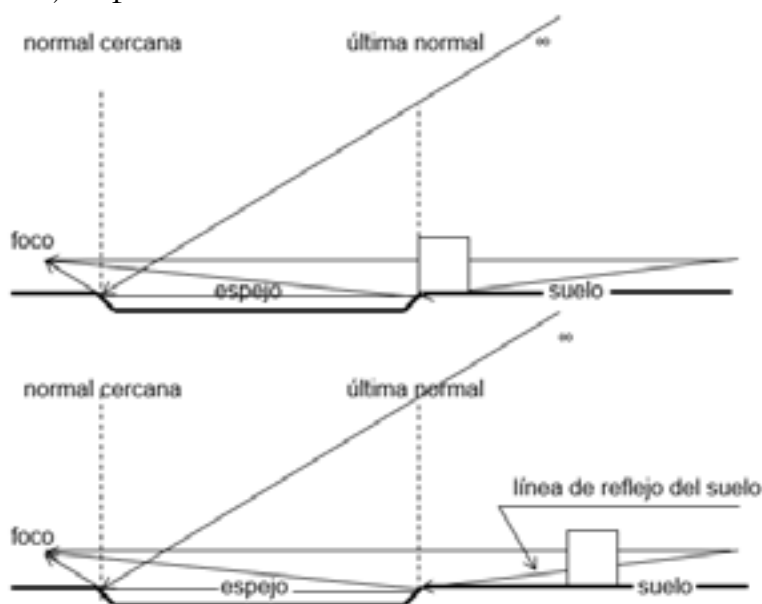


Figura 2.25.- La captura visual de la última normal, impide observar las partes cercanas al suelo, incrementándose a medida que se aleja de esta.

En la figura anterior se puede apreciar la diferencia existente con las zonas inferiores de los elementos. En el primer caso se puede observar el reflejo del objeto en su totalidad desde el suelo, por encon-

trarse justo en la línea de la última normal, mientras que el segundo se mira completa la real, pero debido a su distancia, se pierde la visual baja virtual sobre la superficie del estanque. Por lo tanto la línea de prolongación entre la última normal y la paralela al foco se denomina: línea de reflejo del suelo. Los puntos inferiores a ésta, se hallan por fuera del campo de captura del foco, por lo cual no se reflejan en el agua. Para lograr las imágenes inferiores deben las figuras hallarse sobre la línea de reflejo del suelo.

Este es el motivo por el cual una montaña o un árbol de gran porte, al fondo de un paisaje, pueden verse a menor altura en el reflejo del lago que en la visual real, hecho este que se evidencia al equipararse con los elementos, relativamente, contiguos a la última normal.

Al elaborar el diagrama de captura máxima de visuales del espejo en relación con la altura de los focos, es posible deducir las perspectivas de las proyecciones de los reflejos. Así se establece de inmediato la diferencia entre los distintos tipos de espejos; se asume el plano como el analizado en el gráfico anterior. Pueden notarse las diferencias a simple vista. En el primer capítulo se hizo una comparación general entre ellos, y con este método es posible ver las diferencias exactas de los reflejos sobre el agua de las figuras que se encontrarían justo en el frente del observador, a medida que cambian los niveles:



Figura 2.26.- Captura máxima de un espejo panorámico.

La línea de reflejo del suelo, es elevada, lo cual afecta los reflejos de las partes bajas de los elementos. Únicamente se aprecian completas las imágenes en el borde, inclusive un cuerpo a poca distancia de la orilla, o última normal, puede pasar desapercibido en la pantalla del estanque, como se aprecia en la siguiente figura:

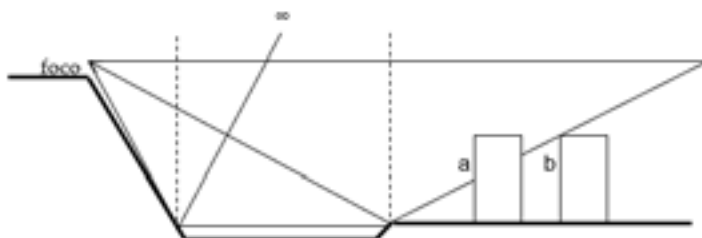


Figura 2.27.- Del elemento a, se observa únicamente la parte superior. El b, se encuentra por fuera de la captura, al hallarse debajo de la línea de reflejo del suelo, aunque no exista otro elemento entre este y la última normal, desde un foco panorámico.

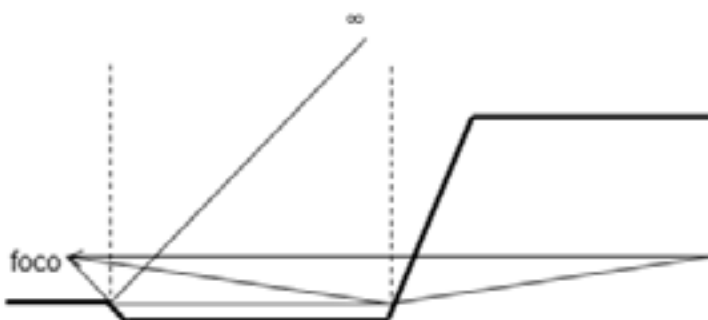


Figura 2.28.- Espejo panorámico inverso.

Por lo contrario al anterior, en el inverso, tanto la línea de captación como la línea de reflejo del suelo, se

hallan muy bajas con respecto al elemento.

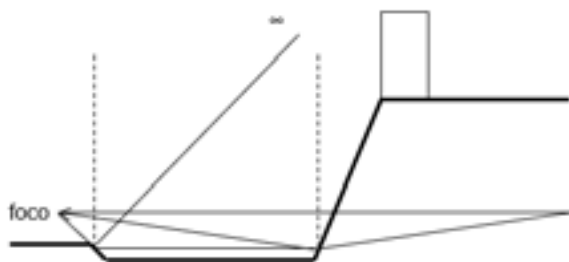


Figura 2.29.- Desde este foco se acentúan los reflejos de las partes bajas (en este caso la ladera). Difícilmente podrán apreciarse los reflejos de las figuras, y menos del cielo.

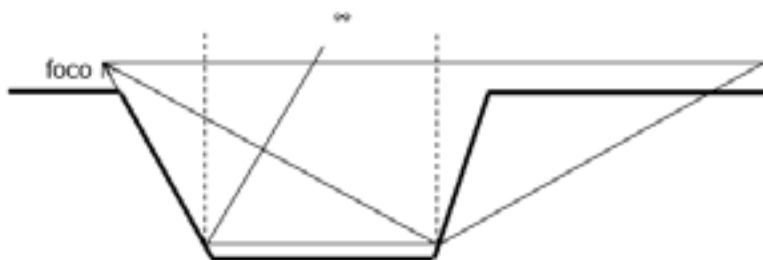


Figura 2.30.- Espejo en depresión.

La línea de captación es muy alta en relación a la del reflejo del suelo, lo cual se traduce en reflejos provenientes mayormente del cielo, porque el rayo incidente de la normal más cercana, apunta hacia él. La figura al frente horizontal del foco, pasa imperceptible.

Una vez conocida la capacidad de reflejos del estanque, el siguiente paso es calcular su dimensión sobre la superficie del agua, para que el encuadre de la figura con su respectiva proyección virtual, sea la más adecuada.

De este modo se tiene que, por ejemplo en el caso de que se ubiquen los focos a una altura de 2 metros (la altura promedio de los ojos de los espectadores más los 30 centímetros de diferencia de niveles entre el piso y la superficie del agua), sobre el nivel del espe-

jo, y a 4 metros de su orilla, ese es el punto a asumir en este ejemplo, y desde donde se proyectarán todas las visuales. Lógicamente, existen otras propuestas de enfoques, las cuales se analizarán de la misma manera, pero que es posible controlar mediante el uso del mobiliario. El resultado es⁶:

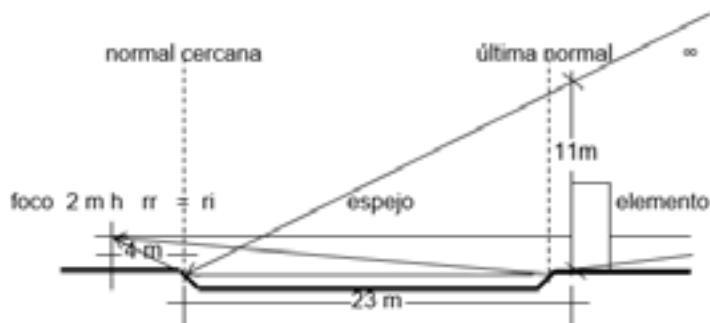


Figura 2.31.- Ejemplo con foco a 2 m de altura, 4 m de la orilla y objeto a 28 m.

En la figura anterior, se utiliza un foco a 2 m de altura y 4 m desde la orilla, el cual produce un rayo reflejado de la normal más cercana, que al mirar al agua se extiende hasta el infinito; a los 23 m de distancia (la longitud entre la orilla aledaña y la fachada del elemento más cercano), el rayo incidente pasa a 11 m de altura y cubre toda la imagen que tiene 5 m de elevación, y deja 6 m para observar el fondo, que puede ser el domo del cielo, o los elementos posteriores.

Y para llegar hasta el punto donde se observan los reflejos, hay que aplicar la simetría, que es una propiedad de todos los espejos, inclusive los de agua.

La simetría se produce porque aparentemente (se dice de esta forma ya que es virtual, ilusoria), es la misma distancia entre la imagen real y la reflejada. Para resolver la incógnita, solamente hay que medir

ese trayecto por la parte posterior del espejo, que en este caso es hacia abajo; y donde se halle se extiende una línea con el enfoque. El lugar donde se encuentre con la superficie, es el punto exacto de la medida del reflejo. Cabe anotar en este punto, que en el fenómeno de la reflexión, no existe refracción, puesto que es diferente, esta ocurre solamente cuando el elemento yace en los dos estados: una parte en el gaseoso o el aire, y otra parte dentro del líquido

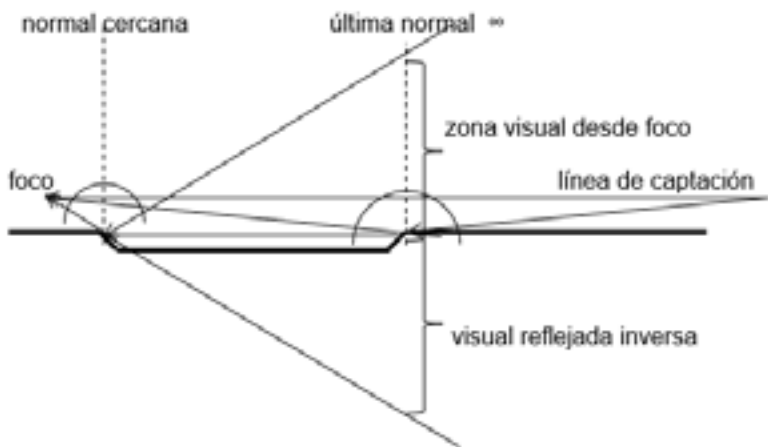


Figura 2.32.- Aplicación de la simetría general.



Figura 2.33.- Simetría sobre el elemento.

En este caso el recorrido del reflejo es de 19.28 metros. El resto del tramo es para reflejar el cielo. Cuando existen otros elementos ocurre igual. Se toma la altura de la fachada en el punto más cercano y a igual distancia desde donde se encuentra en relación con el foco. Ejemplos:

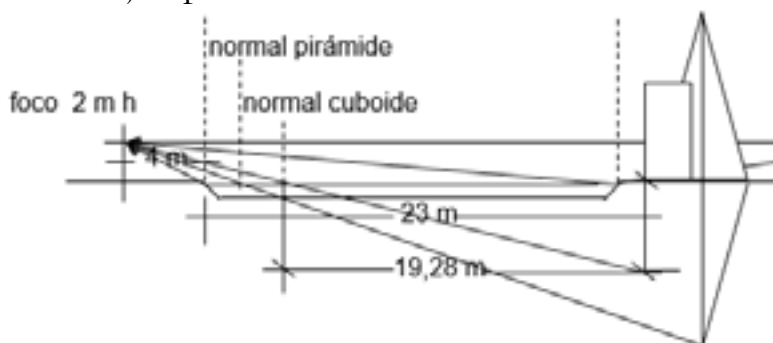


Figura 2.34.- Simetría en dos elementos diferentes.

Como se puede apreciar en los gráficos, resulta sencillo medir la dimensión en el sentido longitudinal de las visuales; y hacerlo transversalmente, lo es también con el conocimiento de la técnica. Basta con ubicarse en el punto donde va el foco, al nivel específico, y tomar la misma distancia de la altura de la figura, hacia abajo, en el suelo aún no intervenido, y marcar sobre este; luego se le deja el margen para el cielo o el fondo.

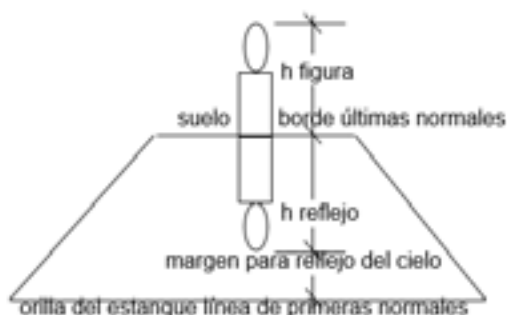


Figura 2.35.- Medición transversal, sin el empleo de cálculos. Muy cercano a ellos.

Hasta este punto es muy fácil hallar los recorridos de los reflejos; es un trabajo de geometría descriptiva en un caso, y de lógica de campo, en el otro. Todo depende del buen uso de la escala. Sin embargo, también se puede lograr matemáticamente, con lo cual se llega a una rigurosa precisión y surge la posibilidad de calcular con el despeje, otros factores igualmente necesarios en el proceso.

La forma de hallar las distancias que recorren los reflejos desde las figuras hacia la orilla opuesta, es también, sencilla. La deducción que se lleva a cabo, y basada en el ejemplo anterior es la siguiente:

Desde la proyección de la figura en su fachada, por la parte posterior del espejo, hasta el foco, existe una distancia (d) conocida, que es el $100\% = 27\text{m}$, que son: 22 de espejo + 1 posterior hasta la figura + 4 de la orilla al foco.

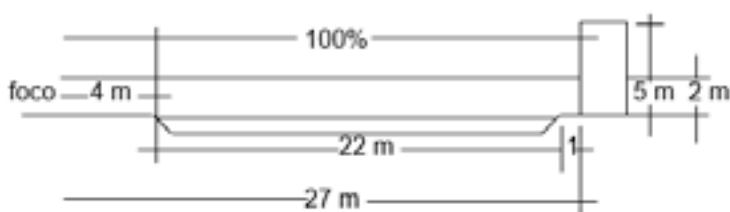


Figura 2.36.- Distancias desde el foco.

Al interpretar los hechos se tiene que: el recorrido del 100% de la distancia es de 27 m horizontales con inclinación de la recta a – b, cuando la medida vertical es de $5\text{ m} + 2\text{ m}$ (el nivel del foco).

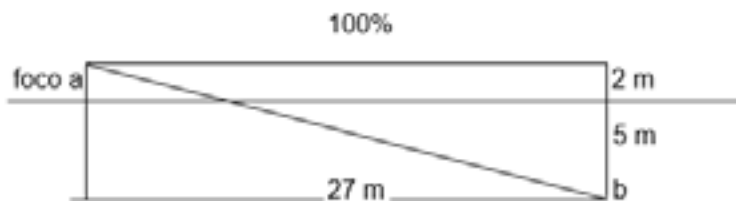


Figura 2.37.- Esquema de mediciones en el proceso de cálculo.

Entonces, la altura del reflejo + la altura del foco recorren el 100% = 27m

$$hr + hf \text{ ----- } 100\% \text{ d}$$

¿Cuánto recorrerá sin la altura del foco, es decir hasta la superficie del agua?

$$hr - hf \text{ ----- } X$$

Reemplazando se tiene que:

$$(hr + hf) \text{ ----- } d$$

$$(hr + hf) - hf \text{ ----- } X$$

La fórmula es, al reemplazar a X por dr que es la distancia de los reflejos:

$$hr \times d$$

Distancia que recorren los reflejos = dr =

$$hr \times hf$$

Donde:

dr = distancia que recorren los reflejos desde el foco.

hr = altura del reflejo, que siempre es igual a la de la figura.

d = distancia total entre la figura y el foco.

hf = la altura del foco.

En el ejercicio que se tomó de ejemplo, el resultado es el siguiente:

$$5 \times 27$$

$$dr = = 19,28$$

Así se puede establecer que el reflejo total de la figura recorre 19.28 metros desde la fachada más cercana a su masa; por lo tanto, como el estanque tiene 23 metros a partir de ella, entonces: $23 - 19.28 = 3.72$ metros para reflejar el fondo por encima, que es la cúpula celeste y otros elementos en la lejanía, como se aprecia en la siguiente gráfica:

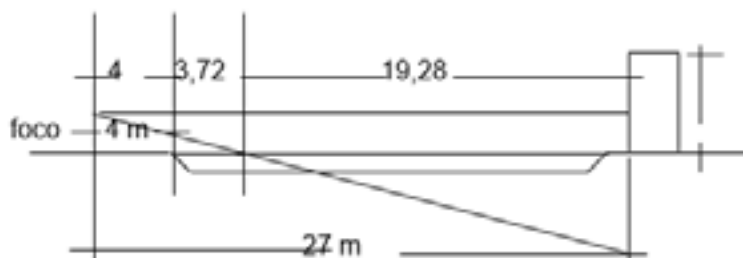


Figura 2.38.- Medición matemática de reflejos.

En el diseño del enmarque de la obra, se puede manipular el porcentaje requerido para que se refleje el cielo. En el ejemplo anterior la medida es de 3.72 m, que representa el 16,17% de 23 metros del largo desde la orilla del estanque más cercana al foco, hasta la fachada del elemento. La idea es que en el proyecto sea posible encuadrar la porción del paisaje visible sobre la superficie del agua, según la perspectiva del planificador.

Bajo el hecho de que el paisajista sea quien proponga el 25% de despeje para contemplar a la bóveda celeste sobre la superficie del agua, es posible conseguir cinco opciones, que son: elegir una escultura más baja, elevar el foco, acercarlo más a la orilla, bajar el nivel del agua, o extender la longitud del estanque. Pero todo de forma previa al inicio de la obra, en la etapa del planeamiento, no sobre la marcha.

Sin embargo, existe una forma directa para calcular un porcentaje definido previamente de la distancia hasta donde deben llegar los reflejos. Lo que se debe hacer primero es extender desde el foco una línea que pase por la superficie a, exactamente la relación (25%) en este caso, de la longitud del estanque, hasta el punto donde comienza la figura. Esa será su altura. Por ejemplo, al tomar el caso anterior, como la distancia es de 23 m, el 25% son 5.75 m; por lo tanto, se puede invertir el sentido de la flecha, desde el foco:

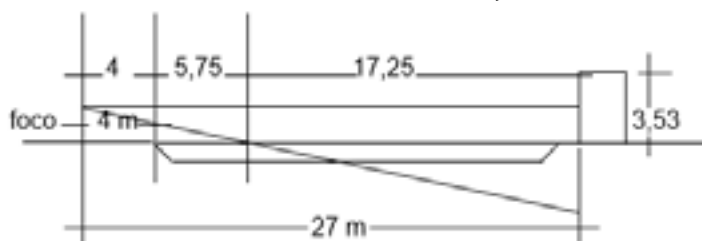


Figura 2.39.- Inversión desde el foco, para hallar nueva altura del objeto.

Para calcular luego la nueva altura de la figura con respecto al foco, la forma más sencilla es continuar con el uso de una regla de tres simple: cuando en la altura del foco ($h_r = 2\text{m}$), recorre 9,75 m de distancia en la horizontal (4 m al foco + 5,75 m del 25%) hasta la superficie del agua, en los restantes 17,25 m de profundidad hasta el elemento, cuánto (h_r) recorrerá? Así:

2 m ----- 9,75 m

X ----- 17,25 m Entonces:

$17,25 \times 2$

$X = = 3,53 \text{ m}$

9,75

Por lo tanto la fórmula para calcular la altura de la

figura con respecto al foco al definir previamente el porcentaje del margen, será:

$$df - s \times hf$$

$$hr =$$

$$d - (df - s)$$

Donde, hr es la altura del reflejo y de la figura con respecto al foco para que pueda dejar el porcentaje diseñado de reflejo a la cúpula celeste.

Df - s es la distancia horizontal del foco al punto donde la línea se encuentra con la superficie del agua.

hf es la altura del foco, y

d es la distancia total entre el foco y el elemento.

Ejemplo: cuando se desea que el margen superior sea de 50% (11,5 m), bajo el resto de condiciones iguales a las del anterior, la altura de la nueva figura será:

$$27 - 11,5 \times 2 \text{ 31}$$

$$hr = = = 2,69 \text{ m}$$

$$27 - 15,5 \text{ 11,5}$$

Significa esto que al disminuir la altura de la figura de 3,53 m a 2,69 m, se logrará un margen de 50%, no de 25% como estaba planteado en el ejemplo.

La maniobra de bajar la altura de la figura, es la primera opción ya resuelta; las otras cuatro descritas (elevar el foco, acercarlo a la orilla, bajar el nivel del agua, o extender la longitud del estanque), se solucionan por la sola diferencia con los ángulos. Al realizar el ejercicio como tarea, con la aplicación de la misma fórmula, puede evidenciarse el hecho.

Así, al estudiar este otro caso que consiste en elevar el foco, funciona de la misma manera que cuando se

reduce la altura de la figura, como puede apreciarse en el siguiente gráfico, en el cual el foco del ejemplo anterior (a), con solamente 2 m sobre el nivel de la superficie del estanque, pasa ahora a 3 m (b), y conserva todas las demás medidas; puede notarse la diferencia de hasta dónde llegan los reflejos, recalcados con la cota del corte:.

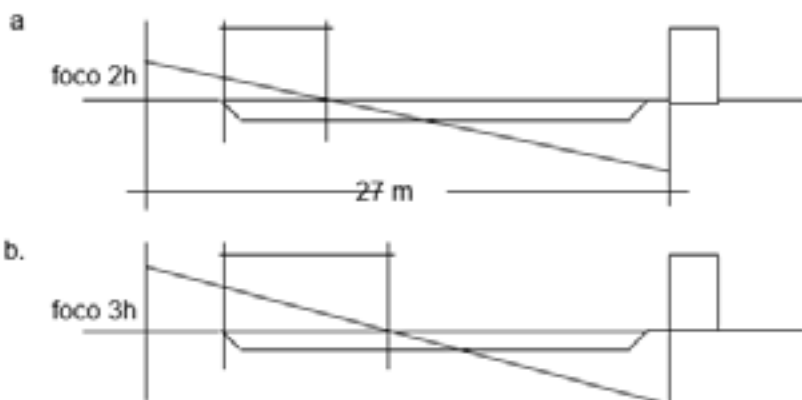


Figura 2.40.- La diferencia aumenta con el cambio de altura del foco.

Cuando es el foco quien se acerca a la orilla, aunque se disminuye la distancia hasta la figura, lo cual será contraproducente para lograr el efecto; también se amplía el ángulo visual hasta el borde, aumentando la perspectiva del ángulo reflejado, como puede verse a continuación:

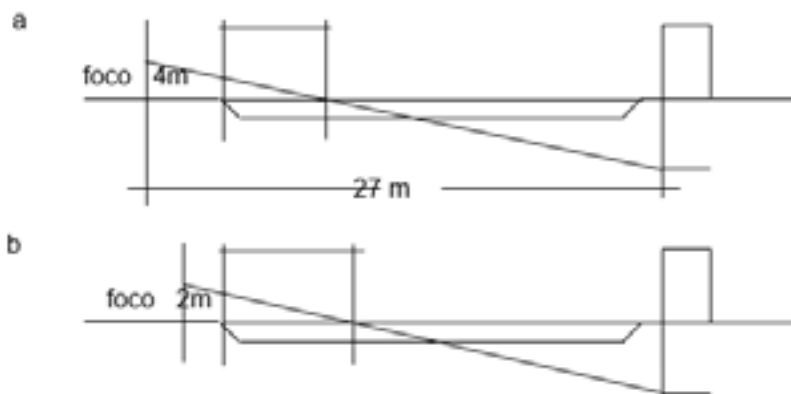


Figura 2.41.- Con el acercamiento del foco a la orilla del estanque.

Bajar el nivel de la superficie del agua es otra manera de incrementar el porcentaje de la superficie para observar el fondo del paisaje, como puede apreciarse en los gráficos a y b.

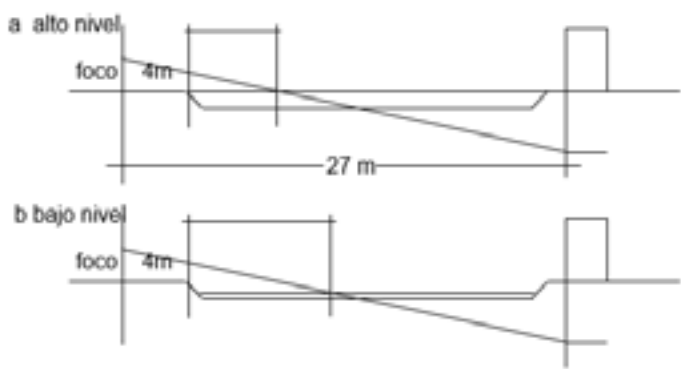
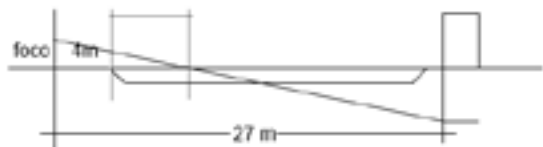


Figura 2.42.- Bajando el nivel del agua.

Y al extender la longitud del estanque se entiende que, debería ser, para este caso, la maniobra más fácil mientras la extensión del terreno lo permita; más sin embargo, resulta la más complicada de lograr, puesto que generalmente la medida del espacio a intervenir ya está determinada, lo que imposibilita salirse de los límites establecidos, además de ser más costosa por emplear mayor cantidad de material, aunque cierta economía podría implementarse al conservar la dimensión del estanque (c).

a- se conserva la distancia.



b - se extiende mínimamente

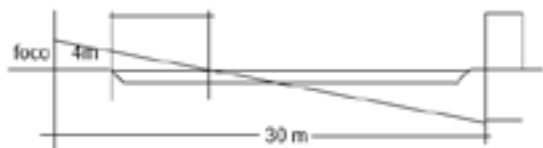


Figura 2.43.- Al extender la longitud del estanque.

c - la distancia del elemento aumenta, la del estanque se mantiene

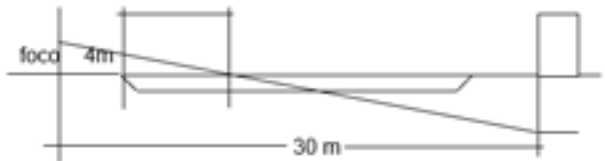


Figura 2.44.- Podría incluirse en la anterior; solo que al alejarse de la última normal, sube la línea del reflejo del suelo, por lo que pueden perderse reflejos de la parte baja de la figura, como se estudia enseguida.

Para calcular y encuadrar que las partes inferiores de las figuras se vean en el reflejo del agua, es necesario trabajar con el ángulo que proviene de la última normal, el cual genera un trayecto opuesto, aunque igual. Esta es la línea de reflejo del suelo. De este modo se tiene que: cuando desde el foco hasta esta línea perpendicular se recorren X metros en altura y X metros horizontales que corresponden al 100%, para que la figura se refleje desde el nivel de la superficie, debe hallarse ubicada, como un mínimo, sobre la misma trayectoria que se genera de la última normal. Entonces, al volver con el ejemplo anterior, donde la figura se halla 1 metro después del agua y a 27 m del foco que está a 2 m de altura, entonces:

$$h = 2m + r = 27m = 100\%$$

$$27\text{ m} \text{ ----- } 2\text{ m } h$$

$$1\text{ m} \text{ ----- } X$$

$$1\text{ m} \times 2\text{ m } h$$

$$X = 0,075\text{ h}$$

$$27\text{ m}:$$

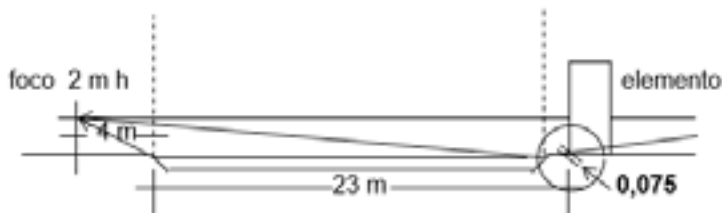


Figura 2.45.- Altura de la parte inferior de la imagen en la línea del suelo.

Esto significa que la figura del ejemplo debe encontrarse a 7,5 cm como mínimo de altura por sobre el nivel del agua, a 1 metro después de la última normal, para que se aprecie en su totalidad. Por lo tanto, la fórmula para hallar la altura ideal de la base de la figura es:

$$dp \times hf$$

$$hbf =$$

$$d$$

Donde: hbf es la altura base de la figura

dp es la distancia posterior

hf es la altura del foco

d es la distancia del foco a la última normal.

Ejemplo: en el caso anterior, cuando se da el hecho de que la figura se halle a 5 metros después de la orilla opuesta, ¿a qué altura sobre el nivel del agua se debe ubicar para que proyecte reflejos completos?

Entonces:

$$5 \text{ m} \times 2 \text{ mh}$$

$$hbf = = 0,370 \text{ mh}$$

$$27 \text{ m}$$

Son los 37,04 centímetros que se perderían de la parte inferior de la figura, cuando se instala a igual nivel de la superficie del agua. El objeto como altura mínima en la fachada desde el foco, debe quedar así:

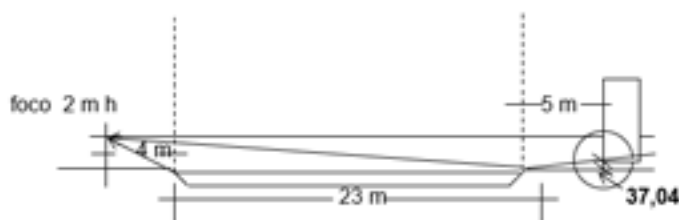


Figura 2.46.- A 5 metros después de la última normal, debe hallarse el elemento a 37,04 cm sobre la superficie del agua, para que pueda apreciarse totalmente desde ese foco.

Hay que tener previsión con las demás alturas, puesto que a medida que se produce el alejamiento de la figura con la última normal, es necesario ajustar las nuevas mediciones. Del mismo modo, la línea que se proyecta desde la última normal, es quien define la visual de los elementos en el reflejo. Por ello es posible ver un objeto en su verdadera y relativa dimensión al fondo, solo en la perspectiva, y no en el agua, o con una elevación menor como es el caso de grandes montañas en el paisaje natural, el cual disminuye con el alejamiento del lago.

Al realizar un análisis de las tácticas hasta aquí mencionadas, es posible sugerir que, bajo este criterio, todas las dimensiones de las figuras cercanas se logran reflejar por completo en la superficie del agua. Por ejemplo un mirador bastante alto puede hacer proyectar cualquier figura lo suficientemente elevada en relación a la poca distancia; no obstante, eso dista de ser la mejor solución, puesto que implicaría esfuerzos innecesarios para obtener una buena observación del paisaje, esto se debe a que carecería de una eficiente proporción.

Proporción en las dimensiones

La proporción es la correspondencia entre varias cosas relacionadas entre sí; por lo tanto en cuanto a las dimensiones, es la adecuada composición que posee un determinado equilibrio entre las magnitudes de los elementos. Es el factor que hace que las visuales se asuman como normales, atractivas, cómodas, perfectas. Por el contrario, algo de tamaño desproporcionado genera cierto malestar por lo desequilibrado; cuando algo es grande con respecto a su ubicación produce apocamiento hacia el resto de los elementos, incluyendo al ser humano; es un componente sobredimensionado. Cuando, a la inversa es demasiado pequeño, crea cierta indulgencia hacia el objeto y se exalta el espacio donde se encuentra. Muchos artistas establecen las dimensiones, como se dice vulgarmente, “al ojo”, y el mejor, el más talentoso, es el que más se acerca al ajuste óptimo, generalmente de manera innata; no obstante, esto tiene una razón matemática, la cual depende en gran parte, aunque en apariencia carezca de una estrecha relación, del campo visual humano, tratado a continuación.

El campo visual humano es la porción del espacio que las personas normales y de forma general, son capaces de captar en un instante, de manera fija, lo cual significa que para establecer contacto total con el entorno, requiere de la suma de varios instantes y movimientos que proporcionen los 360° en ambos sentidos. La parte que divisa cada ojo se denomina

visión monocular y se produce de modo angular; la articulación en conjunto de los dos deja por resultado la visión binocular.

El ojo humano es un aparato en grado sumo sensible, por lo que si el aire fuese totalmente puro, y existiese una oscuridad total, podría ver la llama de una vela a, incluso, veintisiete kilómetros de distancia; sin embargo, el modo como observa es por medio de manchas de grandes cantidades de colores que el cerebro interpreta como objetos conocidos; no obstante, también es cierto que muchas veces, la conexión “cerebro visual” es desacertada, como se comenta más adelante.

Los límites de la porción del espacio que son capaces de capturar los ojos de las personas, muestra que el campo es bastante alto, funcionan en ambos sentidos y de la siguiente manera:

Horizontalmente, cuando los ojos se hallan mirando directamente a un punto fijo en el centro, lo cual realiza el oculista para estudiar el campo visual, capturan, cada uno, hasta 104° hacia afuera de la cara en la parte posterior, lo que se llama porción visual temporal; y hacia adentro en la porción visual nasal, 60° .

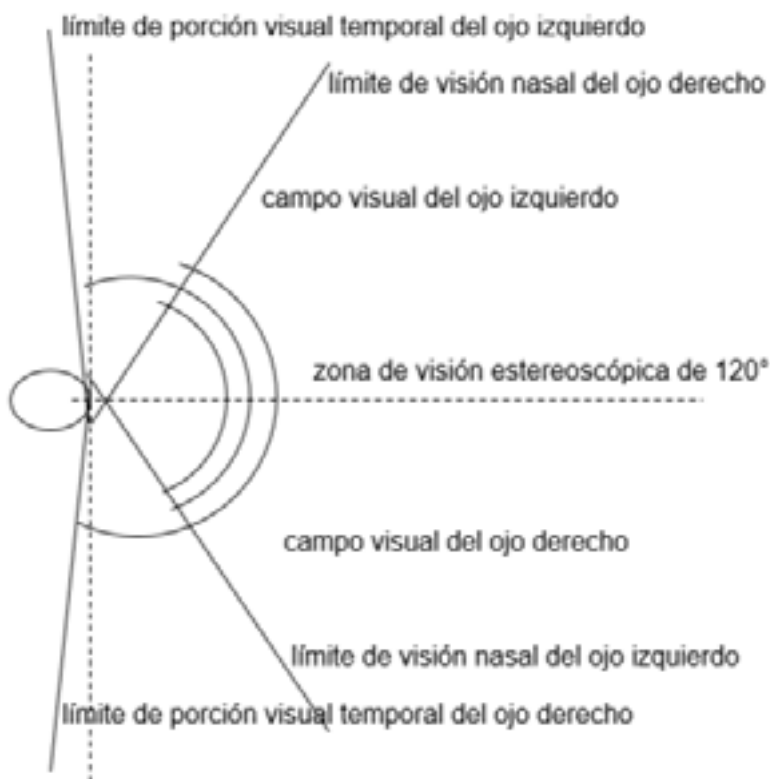


Figura 2.47.- Campo visual horizontal.

Al estar los ojos ubicados a la misma altura, están instalados de manera horizontal, lo cual implica una superposición entre ambos que produce una vista binocular la cual es llamada zona de visión estereoscópica, es decir, interpreta con detalles la tercera dimensión. En esta zona de 120° en el centro del campo se aprecian con mayor exactitud las diferencias en las profundidades de las perspectivas. Si una persona trata de ensartar un hilo en una aguja a cierta distancia con un solo ojo (vista monocular), le costará mayor esfuerzo que con los dos, no obstante a pocos centímetros se distorsiona por el montaje

de ángulos entre ambos, y es posible que se cierre uno inconscientemente.

Desde el límite de la zona binocular, hacia atrás en los 104° de cada ojo se halla el campo posterior, el cual parece no registrar como visión, sin embargo es capaz de percibir movimientos, por muy sutiles que sean. Es monocular. Las personas, generalmente desconocen de su existencia, pero si extienden los brazos sin dejar de mirar al frente, solo dejarán de avistarlo cuando sobrepasa la línea. Se conoce vulgarmente como la vista por el rabillo del ojo.

Verticalmente son capaces, también con la mira al frente en un punto fijo, de captar hasta $54,05^\circ$ hacia arriba y $74,5^\circ$ abajo. Se supone que la mayor incidencia a la parte inferior se debe a que como es un ser terrestre le sirve para mirar al suelo y movilizarse con menor esfuerzo. En el centro establece una línea imaginaria e imperceptible que lo sustenta equilibradamente a la superficie de la tierra en su natural locomoción y que se denomina línea del horizonte.

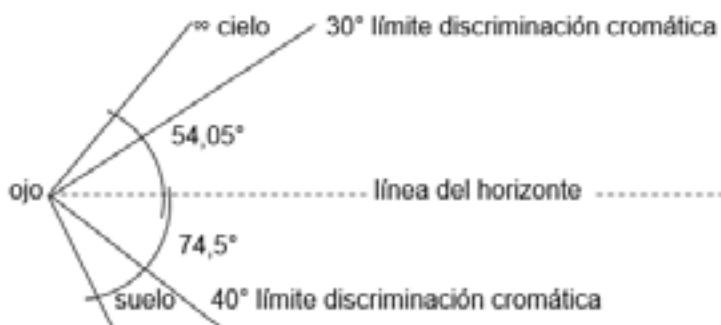


Figura 2.48.- Campo visual vertical.

Al sumar ambas apreciaciones se obtiene el encuadre del campo visual humano: el centro de este, por el desplazamiento en el sentido vertical, se ubica algo más alto, justo en la línea del horizonte.



Figura 2.49.- Campo visual humano.

Ya se planteó la forma como se observa en cada zona; empero, a nivel general es posible decir que existen tres maneras de enfocar. El ojo normal o emétrope tiene la capacidad de acomodar la vista a diferentes distancias: cercana, la vista mediana y la vista lejana. En la primera se requiere de un mayor esfuerzo porque la retina percibe rayos divergentes; entre más cercanos (a pocos centímetros), más lo serán y el ojo para este enfoque debe trabajar con la más alta intensidad; por eso actividades como enhebrar un hilo en la aguja, leer, escribir, dibujar, producen mayor cansancio a la vista. Por lo contrario cuando se mira a la lejanía, los rayos son paralelos y la retina descansa. Puede llegar hasta el infinito relativo. La vista media-

na es de algunos metros, la que se contempla en el interior de los recintos, por ejemplo.

Este es el efecto que se debe controlar cuando se diseña cualquier sistema de percepción óptica. Buscar el relajamiento de los usuarios con visuales placenteras, es decir en la proporción del caso. Por este motivo no funcionan como deben hacerlo los reflejos exagerados. Para que la vista no se esfuerce requiere un manejo de los ángulos, que genere dimensiones óptimas.

El ideal es que quepan en su totalidad las figuras proyectadas dentro de la zona de visión binocular, desde el punto planeado como mirador, y que los objetos sean percibidos completamente sin cambios en el enfoque.

Para lograr el objetivo es necesario controlar los ángulos. A partir de la base de que los ojos son esferas completas de 360° , y la percepción del campo visual de 208° horizontales y $128,55^\circ$ verticales, se considera que una vista equilibrada es la que recorre 14° en ambos sentidos, partiendo del centro en la línea del horizonte, es decir, circunferencia con radio de 7° para un total de 14° de diámetro.

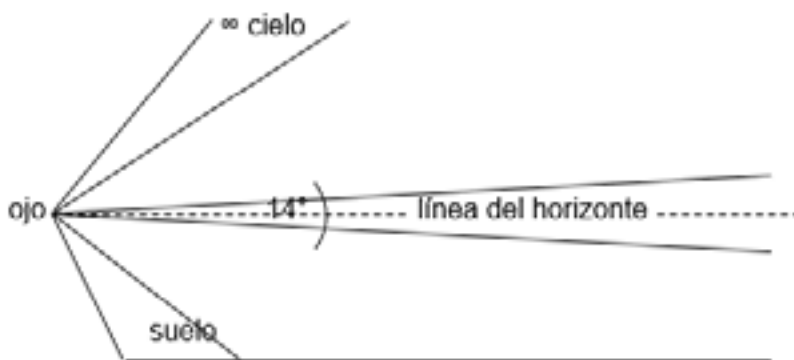


Figura 2.50.- Ángulo con vista equilibrada.

Para calcular la medida precisa de las figuras solo se debe aplicar la tangente del ángulo (14°), por la distancia entre el ojo y esta. La $\tan 14^\circ$ es: 0,249328

Entonces:

Al regresar al ejemplo, donde la distancia es de 27 m, se tiene que:

$$\text{hra} = d \times \tan 14^\circ$$

$$\text{hra} = 27 \times 0,249328 = 6,731856 \text{ m}$$

Donde: hra = altura adecuada de la figura, en proporción a la longitud desde el foco.

d = distancia.

Algunos arquitectos dividen directamente la medida entre 4, y la toman como la altura ideal o proporcionada de la figura, lo cual es una aproximación bastante cercana a la tangente de 14° , puesto que $\frac{1}{4} = 0,25$. Por ello resulta complicado observar cabalmente a la torre Eiffel de 324 metros de elevación, desde una longitud de 100 metros, por ejemplo. Se requiere una mínima distancia de 4 veces su altura, para apreciar de la forma más conveniente su belleza. Ubicar altos edificios a menos de 1.296 metros de radio, es taponar su percepción visual desde ese punto.

Sin embargo estas son las dimensiones con la proporción para una figura normal, que va a estar expuesta en una plaza, en un patio, o en un rincón, sin la presencia de algún estanque que proporcione reflejos que extienden las medidas; cuando se trata de ello, es de preverse las reflexiones, que, como ya se ha analizado, corresponden con el doble, y para ser incluidas, en el caso de que esa sea el propósito, como el obelisco de Washington, hay

que dividirla por 2. Así tenemos que, en el ejemplo mide 3,53 m dejando el 25% para reflejar el fondo; por tanto, con la tangente de 14° , será de: $6,731856 / 2 = 3,36$ m, aproximado al resultado, aunque impreciso. Cuando se requiere una rigurosa exactitud, se puede empezar por allí. Como se conoce la altura que debe tener la figura, se hacen los despejes en las fórmulas, para hallar la nueva cota, o la nueva distancia del foco.

Entonces, el procedimiento para encontrar la altura del foco (hf) es:

$$df - s \times hr$$

$$hf =$$

$$df - s$$

En el ejemplo, que era muy aproximado, puede verse que la nueva altura exacta es de 1,899 m y no de 2,00 m., la altura del foco bajó 10,1 cm a 27 m de distancia.

$$9,75 \times 3,36$$

$$hf = = 1,899 \text{ m, para 27 metros de distancia.}$$

$$17,25$$

También puede cambiar la distancia al foco, en el caso de que se desee mantener la altura de 2 m. se aplica nuevamente una regla de tres simple: basado en el ejemplo, cuando en 27 m sube 1,899 m, en 2 m, cuál será la distancia?

$$27 \text{ m} \text{ ----- } 1,899$$

$$X \text{ ----- } 2,00$$

$$2 \times 27$$

$$X = = 28,43 \text{ m}$$

$$1,889$$

La nueva distancia, conservando los 2 m de altura del foco, corresponde con 28,43 metros. Sin embargo, es frecuente que la distancia ya se encuentre determinada por el espacio que se dispone para planificar el sistema óptico y muchas veces podría salirse de lo adecuado en el terreno; por lo tanto la mejor forma es calcular a partir de la distancia, luego tomar el porcentaje que se desea del margen y deducir la estatura de la figura y sus reflejos.

El marco del campo visual es así: el punto del centro es de tan solo 1° , con el cual se aprecian los minúsculos detalles, se lee, se escribe, se dibuja, etc.

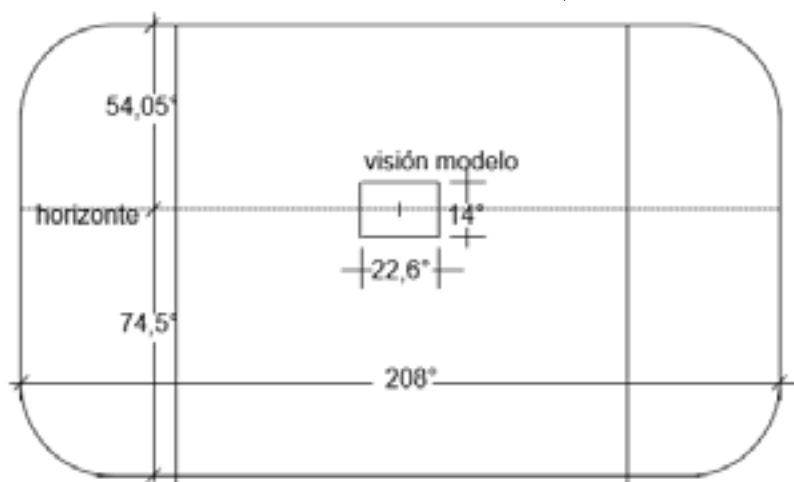


Figura 2.51.- Campo visual humano con visión equilibrada.

La visión equilibrada se observa en un solo enfoque, al instante en la lejanía. Debe servir de base para dimensionar los elementos. Se sobreponen los 14° en altura y de ensanche en ambos ojos, dejando por resultado un encuadre de $22,6^\circ$ horizontales por 14° verticales en el centro del campo.

Todo el campo visual corresponde con la vista lejana, donde no se detalla, en la cual el enfoque de la retina descansa, y el usuario se relaja, donde se disfruta la contemplación del paisaje sin esfuerzos innecesarios en la vista.

Distancias

Por todo lo visto en los últimos párrafos, es posible resumir que la distancia es un factor fundamental en el juego de las visuales. Todo se observa mediante ángulos; por ello resulta inútil tratar de medir un elemento a cierta longitud si no se tiene una referencia a la misma escala y ubicación. Así es como en el paisajismo se ubica, por ejemplo, a una persona o un elemento con medidas conocidas, al lado de un árbol a igual distancia para conocer su justa longitud. La lejanía influye en las dimensiones del sistema óptico.

Así, en los estanques naturales, donde las dimensiones son por lo general amplias, es posible proyectar un mirador grande; pues la diferencia entre las diversas fracciones dentro del mismo espacio, garantizan inapreciables cambios en los reflejos, por lo cual, una persona a 15 metros de otra, ya sea atrás, adelante, a la izquierda o a la derecha, podrá percibir, aunque sea desde otro ángulo, un paisaje similar con casi las mismas inclinaciones, puesto que la distancia pareciera que acercara las diferencias en el fondo, (cada punto, o cada centímetro cúbico, partiendo del hecho de que los ojos miden cerca de un centímetro, dentro del espacio del mirador, es único y puede generar múltiples perspectivas)⁷.

Por el contrario, en un sistema pequeño, cualquier mínima variación puede implicar grandes diferencias. Por ejemplo, al colocar un espejo diminuto sobre una mesa, la persona sentada a un lado de esta podrá notar los mayúsculos cambios en las proyecciones de los reflejos con sólo un minúsculo movimiento de su parte; por ello la ubicación del mobiliario desde donde se va a contemplar el paisaje, debe ser precisa. Los sitios en el pequeño mirador lo determinan las bancas y las barandas. Cuando el punto del enfoque preciso se encuentra a 3 metros horizontales de la orilla y a 2 metros de altura, se puede ubicar allí la baranda y jugar con la cota del piso de la plataforma del mirador, si la altura de observación es de 1,50 metros, el nivel del piso estará a 0,50 metros por encima de el del agua. Lo mismo sucede con el resto de los elementos donde se van a ubicar las personas. Todo esto implica que la planificación, aunque precisa en líneas, no lo es en la total realidad; pues las medidas humanas que se toman son un promedio, por lo tanto entre una persona alta y una baja existirá siempre una diferencia al encontrarse juntas y de pies, en un espacio grande no se notará, en uno pequeño sí; pero al sentarse ambas, estas desigualdades se acortan, aún en el observador de mínima magnitud.

La labor que le corresponde al planificador es contemplar un margen entre alturas y distancias dentro del mirador, en la cual se aprecie de la mejor manera, el encuadre de los reflejos en distintas ubicaciones. A continuación aparece una pequeña tabla donde se

establecen las alturas promediadas de los distintos enfoques.

Altura promedio de enfoques, según la posición de las personas.

Altura enfoque erguidos 1,70 m

Altura enfoque recostado en baranda 1,50 m

Altura enfoque sentado en banca o silla 1,20 m

Altura enfoque sentado en sofá 1,00 m

Altura enfoque sentado en piso 0,80 m

Altura enfoque silla playera 0,60 m

A las anteriores alturas es necesario sumarles la diferencia existente entre el piso terminado del mirador y la superficie del agua, para mayor precisión.

Por otro lado, el incremento de los cambios que surgen en las visuales a medida que se recortan las distancias se debe a los ángulos que maneja el ojo. Así, hacer un gráfico de una vara de 1 metro vista vertical u horizontalmente, a diferentes distancias desde el ojo, proporciona un análisis de lo siguiente:

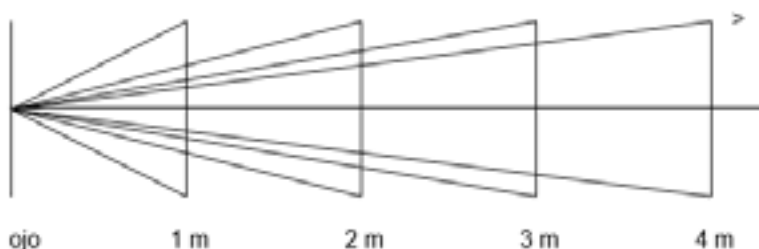


Figura 2.52.- Vara uniforme a diferentes distancias del ojo.

La vara que se encuentra junto al ojo, se observa tan grande que taponar la visual, el ángulo formado es de 180° , tomando a la línea del horizonte como referencia; pero ya a 1 metro el ángulo es de 52° , a 2 m 28° , a 3 m

18°, y va en disminución sucesiva a medida que se aleja del ojo. Pero esta reducción entre vara y vara, también decrece con la lejanía, hasta un punto en el cual son insignificantes, que parece no haber diferencias.



Figura 2.53.- A medida que aumentan las distancias, se reducen los ángulos y las diferencias entre ellas.

Por ello es que todo se observa más pequeño, apenas se aleja un poco de los ojos. Por ejemplo, una persona, justo al lado de otra, se observa del tamaño que realmente es, pero con solo separarse 1 metro, puede resultar más pequeña que la mano de quien observa, cuando esta última se la coloca cerca a la cara. Esta aparente reducción de las diferencias con la distancia, es la misma que provoca la velocidad. Por ello, un auto a 100 kilómetros por hora se percibe más rápido si pasa a 1 metro de distancia del foco que a 100 metros, y más aún a 1.000 m. Asimismo, las desigualdades entre dos elementos con pequeñas disparidades en su apariencia, uno a 2 metros y otro a 3 del observador es verificable, pero cuando estos mismos se observan a 89 y 90 metros, estas son ignoradas.

La forma de calcular los ángulos según las distancias, anchuras y las alturas de los objetos, es encontrar en primera instancia el ángulo de 1° desde el foco. La forma es la siguiente:

Para calcular la distancia de una determinada medida, vista a 1°, es:

$$h \times 360^\circ$$

$$d =$$

$$2 \pi$$

Donde: d = la distancia desde los ojos (foco) hasta el objeto.

h = la altura del objeto.

360° = constante que es la circunferencia del ojo proyectado a esa distancia.

2π = constante que es el radio.

Ejemplo: ¿a qué distancia se observa un objeto de 2,40 m bajo un ángulo de 1° ?

$$2,40 \times 360^\circ = 864$$

$$d = \frac{864}{2 \pi} = 137,57 \text{ m}$$

$$2 \pi = 6,28$$

El objeto de 2,40 se observa bajo un ángulo de 1° a 137,57 metros desde el ojo.

Al aplicar esta fórmula para encontrar la distancia a la que se aprecia bajo el ángulo de 1° , la medida de 1 m, la cual se toma de base, se tiene que:

$$360^\circ$$

$$= 57,32$$

$$6,28$$

Cuando se continúa con el empleo de la fórmula, se obtiene que: una figura de 10 m se observara a un grado a 573,2 m desde el ojo y una de 1 cm a 57,32 cm. Esto significa que un elemento de cualquier dimensión, basta con que se multiplique su medida por 57,32 (se convierte en constante), y al colocarlo a esa distancia será observado a 1° .

Así por ejemplo, ubicar a una pelota de 12 cm a 1° , solamente se multiplica su diámetro por 57,32, entonces: $12 \times 57,32 = 706,25$ cm, ó 7,0625 m.

Comprobarlo es sencillo. Solo se debe multiplicar la distancia por la tangente del ángulo y el resultado es el tamaño del elemento. Por ejemplo, en el primer caso de la figura de 2,40, será:

$$\tan 1^\circ = 0,017455064 \times 137,57 \text{ m} = 2,40 \text{ m}$$

De igual forma, este dato es de gran utilidad para medir las dimensiones desconocidas de ciertos elementos⁸, con solamente saber la distancia, la cual se puede hallar, más fácilmente con un medidor laser. Consiste en ubicar la escala en un lugar más cercano al foco, al alcance de quien toma las magnitudes (sin que sea necesario llegar junto al elemento, como siempre se ha realizado), y trasladarla a la contigüidad de quien enfoca, como puede apreciarse en la siguiente gráfica:

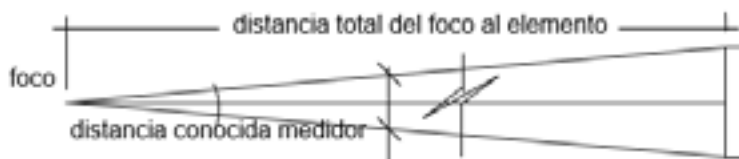


Figura 2.54.- Aplicación de método para medir a distancias moderadas.

Este gráfico puede ser aplicado y funciona de buena manera tanto en planta como en corte. En el primero para lograr el ancho en las mediciones; y en el segundo las alturas. La distancia del foco al medidor corresponde con la existente entre los ojos y el pulgar de la mano con el brazo extendido en el frente. La medida conocida debe ser una regla, una escuadra o la escala real al

1 : 1, para mayor precisión, (aunque se puede lograr conociendo la medida exacta del pulgar, o de la falange, por ejemplo, cuando se carece en un determinado momento de estos instrumentos de medición).

De esa manera la distancia del foco al medidor, con respecto a la que se observe en la regla que proyecta al objeto en el fondo, dará un ángulo que, al multiplicarse con la distancia total que marca el aparato, arroja la medida real del objeto.

Así, por ejemplo, cuando se desea hallar la medida vertical de un elemento a 20 metros de longitud, donde la distancia de los ojos al medidor (una regla en este caso) es de 71,2 cm, y la que ella marca es de 17 cm, entonces:

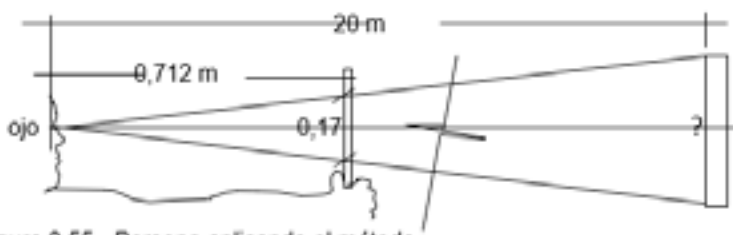


Figura 2.55.- Persona aplicando el método.

Se puede hallar, nuevamente, con el uso de una regla de tres simple, en donde:

$$\begin{array}{rcl} 0,712 \text{ m} & \text{-----} & 0,17 \text{ m} \\ 20 \text{ m} & \text{-----} & X \end{array}$$

$$20 \text{ m} \times 0,17 \text{ m}$$

$$X = = 4,775 \text{ m}$$

$$0,712$$

Después de conocer el resultado de la altura real del objeto, lo planteado en este caso, es posible hallar la distancia en la cual se observa bajo los distintos ángu-

los. Primero hay que determinar la longitud desde el ojo o foco hasta el elemento apreciándose a 1° . Para ello se recurre a la fórmula expuesta anteriormente:

$$4,775 \times 360^\circ$$

$$d = = 273,7261 \text{ m}$$

6,28

Esto expresa que la figura de 4,775 metros de altura, se observa bajo un ángulo de 1° a 273,7261 metros de distancia desde el ojo humano. Para apreciarla bajo un ángulo previamente determinado, se divide por él. Por ejemplo, en caso de requerirse 14° (que es la mejor proporción, ya estudiada según el campo visual humano), entonces:

$$273,7261 \text{ m} / 14^\circ = 19,5518 \text{ m}$$

Por lo tanto, la figura de 4,775 metros de altura se observa bajo un ángulo de 14° a 19,5518 metros del ojo. Medida óptima para ubicar el mirador para esa figura.

Integridad en la percepción

Por otro lado, el cerebro de cada persona interpreta lo que los ojos captan, dándole una integridad a las formas, es decir que concluye las figuras aunque estas se perciban de forma incompleta, o inclusive, con la observación de solo algunos trazos. En el siguiente ejemplo puede aclararse lo dicho.



Figura 2.56. - Aparentes triángulos.

No son tres triángulos, son líneas y puntos ubicados de una forma que el cerebro descifra como tal. Algunos artistas que conocen el modo como manipula “el sentido común” a las formas, aprovechan para crear de manera distinta, como por ejemplo el puntillismo, el rayado, la acuarela o la anamorfosis. Pero todo es el resultado de la forma de interpretar las manchas vistas por la mente.

Esta serie de tiznes son relacionadas de inmediato con objetos sencillos y conocidos, trata de darles la lógica necesaria para que funcionen como es debido, y por eso muchas veces mal interpreta, o se equivoca con lo que observa. En los siguientes ejemplos, muy conocidos por todos, ya que en el siglo pasado tuvieron gran furor cuando se presentaron, pero ahora necesarios para dilucidar lo escrito, pueden notarse algunas de estas malas interpretaciones.



Figura 2.57.- Ilusión de Muller – Dyer. Todas las distancias donde hay cortes con diagonales, son iguales.

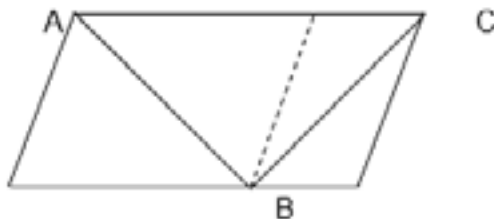


Figura 2.58.- Aunque no lo aparente, $A - B$ es igual a $B - C$.

El mismo caso aplica para la siguiente perspectiva, en la cual, la “lógica del cerebro” va en contravía de la realidad, porque: $AB = AC$.

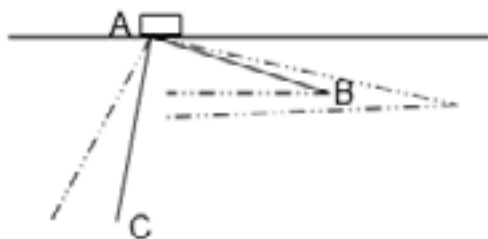


Figura 2.59.- En perspectiva.

Esa lógica dice que según el ángulo que se observa en la perspectiva de la figura 2.59, AB es más corto que AC, simplemente porque AC se encuentra, en apariencia más cercana desde el foco en que se mira, y proyecta desde el primer plano, hasta el fondo. Si fuera una vista real en el lugar, la recta AB sería, apenas un poco más de la mitad de AC, fielmente lo que interpreta el cerebro, lo contrario con la medición en el dibujo.

Esta percepción visual, genera también una supervaloración de las líneas verticales, en contraposición con las horizontales. Por eso se dice que lo vertical genera actividad, mientras que lo horizontal, pasividad. La lógica de eso es que el horizonte, como ya se comentó, está relacionado con la superficie de la tierra, y el ser humano, sus ojos y sus oídos, quienes son los órganos que guardan el equilibrio, se encuentran en esa disposición, por lo tanto, ofrece mayor seguridad, paz, quietud, preparación para descansar y dormir; mientras que la prevalencia vertical es lo opuesto, con movimiento, acción, energía, vértigo.

De esta forma se tiene que, una figura vertical, siempre prevalece sobre la horizontal, aunque ambas tengan igual volumen, como se aprecia en la gráfica a continuación:

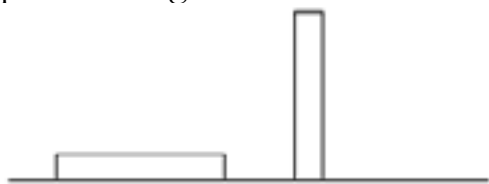


Figura 2.60.- Ambos elementos tienen igual dimensión.

Este es el motivo por el cual en la fotografía de una ciudad, por ejemplo, siempre resaltan los edificios de mayor altura o los elementos con estas formas, como los obeliscos o colinas elevadas. De igual forma, cuando se observan más edificios verticales, se supone una mayor perturbación, lo contrario cuando son horizontales, que muestran placidez.

No obstante, existe un equilibrio entre las relaciones, donde lo horizontal seguirá siendo horizontal, y lo vertical, igual; pero de una manera tan proporcionada que al avistarlas resalten por lo armonioso.

Hasta este punto se han analizado, debido a la disposición de los espejos de agua en forma horizontal, en el cual, el sentido inverso es de arriba – abajo, a las medidas verticales como el marcador que regula las proyecciones. Pero, ante la pregunta: ¿cuál es la medida del ancho de las figuras? Se les podría responder que esta carece de interés, lo cual es cierto desde este punto de vista; pero en la realidad existe una medida perfecta para ello, en cuanto a la forma de cada objeto, la misma que hace que las figuras se mantengan equilibradas y al mismo tiempo resalten. Esta se encuentra en la llamada proporción áurea.

Proporción áurea

La búsqueda de la armonía entre lo alto y lo ancho, más las proporciones internas de las figuras, ha llevado a los investigadores hasta el más grande tesoro guardado por los magnos artistas a lo largo de la historia, que hacía que las obras parecieran perfectas al compararlas con otros desinformados del “secreto”. Esto es la llamada proporción áurea, o número de oro, o también la divina proporción; estudiada, utilizada y resaltada por los griegos, formulada de manera formal por Euclides y tratada con rigurosidad por el escultor Fidias, de allí su conocido símbolo: φ , el cual se lee Fi; aunque se empleó desde tiempos remotos, por ejemplo en las pirámides de Egipto, aún existentes.

Se ha demostrado que la percepción de la belleza radica en la proporción áurea; por ello, aquello que matemáticamente más se aproxime a la relación Fi, es considerado como de mayor equilibrio y perfección. Esta proporción fue utilizada por los más grandes artistas, como por ejemplo Leonardo Da Vinci, Dürero, Cézanne, Picasso, Salvador Dalí, etc, para estructurar todas sus obras. Inclusive, los acordes de las composiciones musicales de Bach, Mozart o Bethoven, se encuentran regidas por la proporción.

En la arquitectura existen grandes ejemplos. En las pirámides de Egipto, al dividir la distancia de cualquiera de sus caras desde el suelo hasta la cima con la de la plomada desde este mismo punto al suelo, el resultado es un triángulo con el número áureo; los arquitectos griegos en el diseño del Partenón en la Acrópolis, en el

cual, todas las medidas, desde la base hasta el frontón, se hallan relacionadas con un rectángulo horizontal con estas correspondencias. El estudio de las proporciones de Vitruvio, son un claro ejemplo. El arquitecto italiano Andrea Palladio utilizó en todas sus creaciones la relación. Gaudí era un fiel representante. En la torre Eiffel, la altura entre los niveles guarda la razón áurea. Arquitectos del siglo pasado como Mies Van de Rohe y Le Carbusier, empleaban la fórmula en todos sus diseños. Hoy se siguen aplicando, por ejemplo en la casa G, en Ramat Hasharon, Israel, creada por el grupo Paz Gersh Architects en el 2.011, o la Casa de la Moneda China, en Santa Cruz De La Sierra, Bolivia, diseñada por el arquitecto Juan Carlos Menacho Durán, para citar a uno más cercano.

La proporción áurea es la única forma de dividir la unidad en dos partes que estén en progresión geométrica. Significa esto que al extraer un cuadrado de un rectángulo en su lado más largo, surge otro del lado restante, con la misma proporción, el cual al volver a dividirlo, surge otro, y así continúa hasta el infinito. Igual sucede con la adición de espacio; por lo que se convierte en el centro del infinito. Su fórmula es:

$$1 \pm 5$$

$$\Phi = = 1,618033988749894848204586834365638...$$

2

Los dígitos son infinitos, por eso se dice que es la proporción divina, ya que el ser humano nunca la podrá igualar, se puede aproximar y se obtienen resultados similares, pero sin la rigurosa precisión, como lo son los de la na-

turalidad y que fueron analizados en la secuencia de Fibonacci (la inserción de las hojas en las plantas, los pétalos en las flores, la ruta del vuelo de las aves rapaces cuando cazan, las medidas de los panales de las abejas, las proporciones del cuerpo humano y las de todos los animales, la espiral en la caparazón de los caracoles, la disposición de los planetas en la Vía Láctea, y un sinnúmero de etcéteras), con la cual muestra una gran semejanza.

Sin embargo, en todo caso la proporción manejable es de aproximadamente:

1 – 1,618.

Esto significa que por cada 1 metro, 1 pie, 1 yarda, 1 pulgada o 1 centímetro ya sea en vertical u horizontal, la medida del otro sentido debe corresponder con 1,618 metros, pies, varas, pulgadas o centímetros, respectivamente.



Figura 2.61.- Rectángulo áureo en sentido vertical, en el cual, se inserta la recta que constituye la inclinación perfecta que estableció Le Corbusier en su "Modulor", para la ubicación de puertas y ventanas en las fachadas de sus proyectos.

En el siguiente gráfico puede apreciarse un rectángulo áureo en posición horizontal, el cual contiene a la espiral perfecta, que es la misma del caparazón del caracol, de la forma de la oreja humana, del vuelo de las aves cazadoras y de la Vía Láctea, por ejemplo.

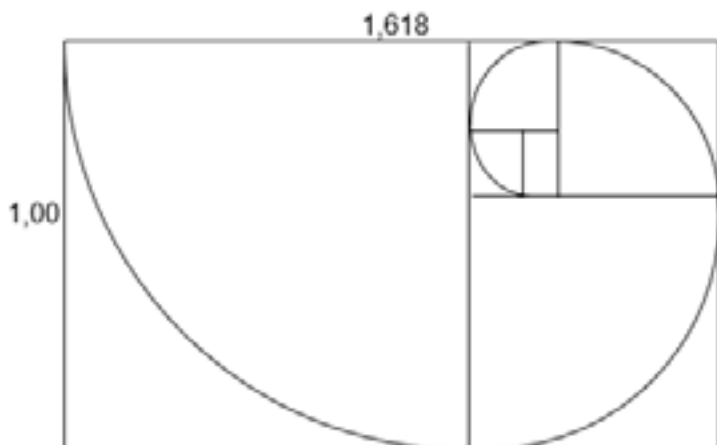


Figura 2.62.- Rectángulo áureo en sentido horizontal.

Un dato de suma importancia tiene que ver con el estudio del campo visual humano⁹. La información encontrada en los distintos gráficos siempre era separada entre los ángulos horizontales y los verticales; al unirlos para su análisis en el esquema que aparece algunas hojas atrás, su resultado generó sorpresa: Las medidas coinciden en su relación con las de la “Secuencia de Fibonacci”, con una elevada aproximación al rectángulo áureo. Una vez que se conoce la proporción, el siguiente paso consiste en definir las medidas de la figura que se va a reflejar en la superficie del agua. Tomando uno de los ejemplos anteriores, en caso de que se requiera una altura de 3,36 m, entonces existen dos po-

sibilidades: 1, cuando el elemento es vertical, 3,36 m será el lado más largo, por lo tanto será igual a 1,618, y el más corto, a lo ancho, 1.

Entonces, al reemplazar valores, se tiene que:

$$3,36 \text{ m} \text{ ----- } 1,618$$

$$X \text{ ----- } 1$$

$$X = 3,36 \text{ m} \times 1 / 1,618 = 2,07 \text{ m}$$

2, cuando el elemento es horizontal, 1 será 3,36 m y el ancho 1,618.

Por lo tanto:

$$3,36 \text{ m} \text{ ----- } 1$$

$$X \text{ ----- } 1,618$$

$$X = 3,36 \text{ m} \times 1,618 = 5,436 \text{ m}$$

Esto no expresa que las figuras deben tener rigurosamente la forma rectangular y con esas medidas, pero podrían sí, hallarse delimitadas y diseñadas bajo éstos cánones para que se perciban con la mayor perfección del caso, como en los ejemplos citados.

La obra magna en la arquitectura es la pirámide de Keops, en donde las tres dimensiones corresponden perfectamente con la proporción áurea:

Al dividir la altura de cualquiera de sus caras entre la mitad de la base del triángulo el resultado es 1,618; al dividir el área total de la base más la suma de las 4 áreas de sus caras, entre la suma de las cuatro caras, el resultado es 1,618; y al dividir la suma de las cuatro áreas de las caras entre el área de la base, el resultado también es 1,618.

Asimismo se puede plantear a la figura junto con su reflejo como una sola masa, donde las medidas verti-

cales cubran desde la parte superior de la figura, hasta el fondo reflejado en la superficie del agua, y el ancho basado en la suma de ambas. El procedimiento es igual; o dejarlo como dos, o tres módulos con las mismas proporciones. El arte es libre, afortunadamente; sin embargo debe estar estructurado.

Notas

6.- Todas las mediciones, en éste ejemplo, son el resultado del uso de la geometría descriptiva, apoyadas en la escala. Aún no se han empleado las operaciones matemáticas.

7.- Cada metro cuadrado sobre la superficie del mirador, contiene $1.000.000 \text{ cm}^3$

8.- Método ideado y utilizado por el autor. Las medidas empleadas en el ejemplo, son las reales de R. G. A. Usted puede hacer lo propio y aplicarlas a sus mediciones en campo.

9.- Todos los gráficos analizados mostraron similitudes, aunque con diferencias muy pequeñas en grados. Sin embargo, al unirse éstas apreciaciones en el cuadro, la semejanza con la proporción áurea es sorprendente. Algunos experimentos realizados y muy pequeños ajustes determinaron las medidas, puesto que la naturaleza parece confabularse con ello.

Conclusiones

- 1.- A partir del estudio de este texto se hace posible dimensionar y planificar previa y totalmente cualquier tipo de espejo plano, incluyendo los de agua.
- 2.- Un espejo de agua no es solamente el estanque que produce reflejos; es un sistema óptico compuesto por tres componentes: el mirador donde se hallan los diferentes focos, el recipiente cargado del líquido como superficie reflectora, y la zona del paisaje que contiene a las figuras que se reflejan.
- 3.- Es imposible dimensionar solamente a uno de ellos; es necesario que sean los tres, puesto que todos se hallan, completa y directamente relacionados; y en caso de que alguna de las partes exista antes de empezar el proyecto, los otros dos deben sujetarse a sus dimensiones.
- 4.- Que la altura del foco con el recorrido de los reflejos sobre la superficie del agua, son inversamente proporcionales: a mayor altura, menor distancia; y viceversa.
- 5.- Que la posición de estos componentes, puede ser relativa, dependiendo de la ubicación del foco, aunque en el centro del sistema siempre se encuentra el espejo como base estructural.
- 6.- Sin embargo es fundamental conocer el comportamiento de los reflejos que producen las figuras en relación con los distintos focos, y la capacidad del espejo, para poder establecer su recorrido sobre la superficie del agua, y a partir de allí, dimensionar al

resto de los elementos en un encuadre diseñado, adecuada y preliminarmente.

7.- Aunque todas las medidas se pueden manipular para que el acoplamiento sea inmerso en lo establecido, es necesario que existan ciertos cánones, como el manejo de los ángulos y la proporción, para que las perspectivas sean las más eficaces, en relación al campo visual humano.

8.- A pesar de que se pueden manejar simplemente los gráficos como ejercicios de geometría descriptiva para encontrar las distancias, no son del todo exactas si no se trabaja con escalas menores, por ello, realizarlos matemáticamente conllevan a la total precisión de las mediciones, además de que se pueden obtener otras determinantes mediante el razonamiento lógico en sus despejes.

9.- La fidelidad en todo el sistema tampoco existe. Se opera con promedios que se acercan a la perfección, pero nunca la igualan debido a que en la práctica, solo se emplean los números racionales; aunque se puede establecer que funcionan acorde a lo requerido.

10.-La naturaleza, produce obras con una precisión matemática de una elevada rigurosidad, que al ser humano le resulta difícil igualar.

11.- ...

Bibliografía

Libros físicos de consulta.

BARDOU, P y V. ARZOUMANIAN. Sol y arquitectura. Barcelona. 1981. Editorial Gustavo Gili.

CABEZA Pérez, Alejandro. Elementos para el diseño del paisaje. México D.F. 1993. Editorial Trillas.

EVANS, J. Martin. Diseño bioambiental y arquitectura solar. Buenos Aires. 1991. Serie Ediciones Previas. FADU.

GÓMEZ AGRESSOTT, Ramón. Clima y arquitectura del entorno. Barranquilla. 2008.

GORCHAKOV, G. I. Materiales de construcción. Moscú. 1984. Editorial MIR.

MAZRIA, Edward. El libro de la energía solar pasiva. Barcelona 1983. Gustavo Gili.

PLATONOV, Konstantin. Psicología recreativa. Editorial Progreso. Moscú. 1975

Información vía Internet.

PERELMAN, Yakov. Geometría recreativa. www.librosmaravillosos.com Geometría recreativa. Capítulo 03 en Google.

https://es.wikipedia.org/wiki/Equilibrio_t%C3%A9rmico_de_la_Tierra

<https://es.wikipedia.org/wiki/Albedo>

<https://www.vistaalmar.es/medio-ambiente/fenomenos-naturales/3016-que-es-el-albedo.html>

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/tension/introduccion/introduccion.htm>

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/surten.html>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Mirador_\(turismo\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Mirador_(turismo))

<http://basepaisajismo.blogspot.com.co/2011/07/bancos-y-sillas-iii.html>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Agua>

https://www.ecured.cu/Teor%C3%ADa_del_color

<https://es.wikipedia.org/wiki/Color>

Contenido

Introducción	7
Capítulo I	
Definiciones Visuales	15
Notas	65
Capítulo II.	
Funcionamiento y cálculos	67
Notas	128
Conclusiones	129
Bibliografía	131

Este libro fue diseñado y exportado para su publicación en AMAZON por SULTANA DEL LAGO EDITORES, en los talleres gráficos del poeta Luis Perozo Cervantes, en Maracaibo, estado federal del Zulia, en el continente americano, del planeta tierra; a los 26 días del mes de marzo de 2023, el mismo día pero de 1949 en que nace el pintor zuliano Ángel Peña.