

# TECNOLOGÍA **ORIGAMITEK**

## ESTUDIO DE PROPIEDADES AMBIENTALES



La sostenibilidad se ha convertido en un enfoque cada vez más importante para la nueva construcción. El alto costo ambiental de la producción de energía, la "huella de carbono" de un producto o proceso a lo largo de su ciclo de vida, la fragilidad de los ecosistemas existentes y el impacto de la vida humana sobre el planeta y la sociedad en general, son temas urgentes que deben abordarse en cualquier nuevo esfuerzo que queramos emprender. En la mayoría de las áreas del mundo, vivir a una temperatura confortable, con un aire y un ecosistema local saludable, está costando a la sociedad y a el planeta cada vez más. Los sistemas constructivos tradicionales, que en el pasado parecían razonables y buenos, están siendo revalorados y escrutados para poder obtener una imagen real de su sostenibilidad en nuestro mundo cambiante. Todo debe tomarse en consideración; desde la disponibilidad y el costo ecológico de extracción de las materias primas, a la energía requerida para procesar y transportar los materiales o elemento prefabricados a la obra, siguiendo por los costos de calefacción o refrigeración de un edificio en particular, hasta el costo de la energía utilizada para su mantenimiento y las reparaciones o reemplazos necesarios a través de su ciclo de vida. Otros factores que son cada vez más importantes son la contribución de una estructura a la ecología local, su interacción con el aire y el agua que la rodea y la protección que pueda ofrecer contra situaciones exteriores indeseables, como el ruido, las perturbaciones meteorológicas y la inestabilidad social.

El uso de la tierra como material de construcción, como adobe, tapia pisada, o la construcción semi-subterránea o cobijada por tierra, está ganando una aceptación renovada por todas las razones antes mencionadas. En particular, la idea de cubrir una estructura con tierra viva y vegetación, y utilizar la estabilidad térmica y seguridad proporcionada por la proximidad a la tierra, es muy atractiva. Sin embargo, este tipo de construcción siempre ha sido difícil y costoso de lograr, con resultados cuestionables. Lograr una ventilación adecuada y una impermeabilización total en este tipo de construcción nunca ha sido fácil con los métodos tradicionales, y generalmente el resultado es sobre-dimensionado, requiriendo una estructura muy fuerte que no colabora con la tierra que la rodea. La tecnología **Origamitek** ha abordado estas dificultades de una forma totalmente nueva, utilizando los métodos milenarios de construcción con tierra en conjunto con tecnologías de punta en materiales compuestos. La estructura interna de los edificios es muy fuerte, ligera, impermeable y modular, y la cobertura de la tierra está construida de tal manera que colabora estructuralmente con el cascaron debido a su conformación estructurada y la geometría abovedada del sistema.

En comparación a materiales tradicionales como el concreto o hormigón, ladrillo, metales o madera, la evaluación del ciclo de vida total de los compuestos Poliméricos contribuye a su viabilidad como un producto de construcción verde. Cuando se toma en consideración la energía consumida en su producción e instalación, los compuestos poliméricos generan un impacto mucho menor que otros materiales tradicionales y pueden utilizarse con menos consumo de energía e intensidad de carbono. El poco peso del MP contribuye al ahorro total de energía, comenzando con menores costos de transporte. No es necesaria la maquinaria pesada para su rápida y fácil instalación, resultando en menos interrupciones para el medio ambiente. La rigidez y la integridad estructural de MP como se utiliza en la tecnología **Origamitek** significa que hay menos peso muerto y se utiliza menos material en total, eliminando el consumo de recursos innecesarios y reduciendo costos. Comparativamente, un producto similar de concreto reforzado podría requerir hasta 200 veces más material para fabricarse y

pesaría mucho más. El proceso de la producción de cemento, desde la extracción hasta la fabricación, o la quema de ladrillo y terracota en hornos de alta temperatura, generan una gran cantidad de dióxido de carbono y otros gases de invernadero. El MP tiene un ciclo de vida que supera a otros materiales de construcción por su alta resistencia a la oxidación, la podredumbre y la corrosión. Al aumentar la vida útil en comparación con otros productos, La altísima estabilidad del MP reduce la necesidad de remplazo, reparación o repintado. Su durabilidad, bajo mantenimiento, y bajo índice de transferencia de calor, lo marcan como un producto ambientalmente sostenible por su propia cuenta. Adicionalmente, la tecnología **Origamitek** ofrece múltiples beneficios proporcionados por el recubrimiento de tierra orgánica, la alta inercia térmica, así como la producción de oxígeno, el ciclado de carbono y la eliminación de contaminantes aerotransportados, la tecnología **Origamitek** tiene la menor huella de carbono posible a través de su ciclo de vida y la sostenibilidad más alta de cualquier sistema industrializado que conocemos.

## 2. LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN SEMI-SUBTERRANEA: TECNOLOGÍA **ORIGAMITEK**

La construcción semi-subterránea o cobijada por tierra se basa en tres principios fundamentales: ahorro de energía, recuperación de energía y obtención de energía del entorno, aprovechando, entre otras cosas, la masa térmica de la tierra. "Masa Térmica" es un concepto diferente al de la "Resistencia a la Transferencia de Calor". El factor "R" es solo la resistencia de la transferencia de calor. El factor R típico de la tierra es de 0.25 por pulgada, o 1 por cada 1° centímetros; Sin embargo, el carácter térmico de la masa de la tierra es bastante diferente al de los materiales diseñados y utilizados principalmente para la resistencia a la transferencia de calor (R) como espuma de poliuretano o poliestireno. Al cambiar de la tierra a un material aislante menos masivo, se debe comprender el rendimiento diseñado con respecto a la capacidad térmica (Factor K) de la masa del edificio y/o del suelo. Una pared masiva de suelo o techo puede almacenar energía de calor para compensar las variaciones de temperatura del día; el aislamiento ligero no funciona de esta manera. El valor térmico de 40 centímetros de tierra supera ampliamente su factor R de 4.0. El uso de la tierra como una "batería" de almacenamiento de calor hace posible reducir la demanda de tales edificios en energía para calefacción y refrigeración, además de ayudar a conservar el microclima local.

La siguiente presentación es de una serie de estudios y comparaciones de los sistemas tradicionales y la tecnología **Origamitek** en diferentes regiones climáticas, y se basan en nuestras propias observaciones, así como estudios y simulaciones hechos por otros sobre construcciones semi-subterráneas en general.

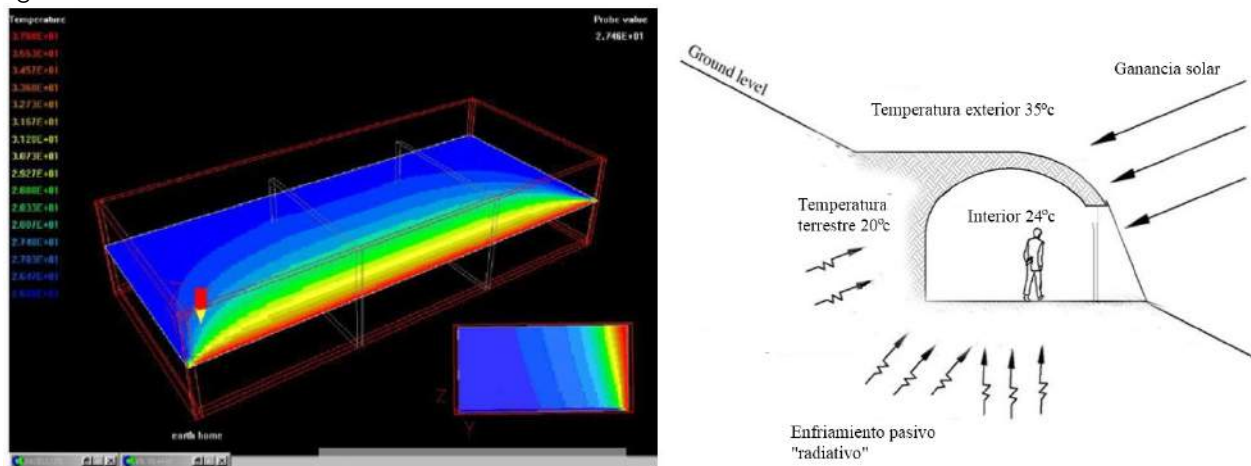
### 2A. LA TECNOLOGÍA **ORIGAMITEK** EN CLIMAS TEMPLADOS

El mayor desafío para cualquier sistema constructivo se da en los regiones de climas templados y estacionales, (generalmente por encima de los 35 grados de latitud norte y 35 grados de latitud sur) en los cuales fluctúan temperaturas anuales por debajo de cero en el invierno a muy caliente en verano y los espacios habitacionales deben estar diseñado para la comodidad en un entorno cambiante. La tecnología **Origamitek** de construcción cobijada por tierra, junto con principios solares pasivos, proporcionará soluciones de ahorro de energía en este entorno (como en otros). Todos los hechos y cifras dadas en esta sección se aplican a otros climas, ya que incluyen los extremos de temperatura y su relación con el entorno construido.

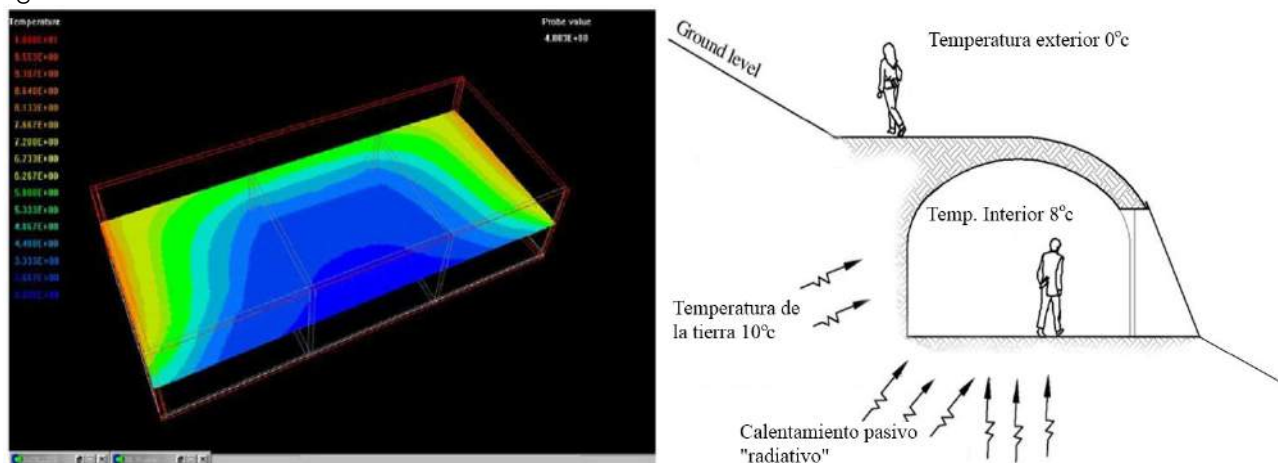
El concepto de sistema de Almacenamiento Pasivo Térmico Anual (APTA), un método para recoger calor en verano, por enfriamiento natural de la vivienda, guardarlo en la tierra naturalmente, y luego regresar después el calor a la estructura de contacto (casa de tierra) en el invierno fue introducido originalmente por Hait en su libro publicado en 1983. Incluye una

amplia utilización de métodos de flujo de calor natural y la disposición de materiales de construcción para dirigir esta energía pasiva de la tierra al edificio, sin usar maquinaria. Según este concepto, existe una acción de enfriamiento cuando uno baja a un sótano o una cueva. Esta acción de enfriamiento experimentada en estos entornos cerrados es el resultado del calor del cuerpo transferido al aire del lugar, que luego transfiere esta energía térmica a las estructuras circundantes, cuyo contenido de calor es menor que el de la masa de aire adyacente. La dinámica detrás de este concepto es que el calor siempre fluye desde un sistema caliente a un sistema frío (como en el caso mencionado con el cuerpo humano como el sistema caliente y el aire y paredes circundantes como el sistema enfriador). Por esta acción si estás más caliente que el aire circundante, el calor del cuerpo se escapará al aire circundante hasta que se alcance un equilibrio de temperatura. Igualmente, en el caso de que el aire dentro de la habitación sea más cálido que las paredes circundantes, el calor se desplazara del aire a las paredes. Por otro lado, si la temperatura del aire dentro de la habitación es más fría que la de las paredes circundantes, el calor se desplazara de las paredes al aire. El Almacenamiento Pasivo Térmico Anual (APT), utiliza este principio termodinámico en conjunto con la masa de la tierra para facilitar el control del micro clima dentro del edificio. En el caso de la vivienda semi-subterránea, se utiliza la tierra circundante para regular la temperatura durante todo el año.

Efecto del APT y el enfriamiento pasivo sobre el espacio interior de la tecnología **Origamitek** en verano  
Figura 1



Efecto del APT y el calentamiento pasivo sobre el espacio interior de la tecnología **Origamitek** en invierno  
Figura 2



Globalmente, la tierra recibe la radiación electromagnética del sol que normalmente se define como radiación de onda corta y la emite en longitudes de onda más largas conocidas generalmente como radiación de onda larga. Esta absorción y re-emisión de radiación a nivel de la superficie terrestre que forma parte de la transferencia de calor del dominio planetario, genera la idea de APTA. Cuando se promedia anualmente y analiza globalmente, aproximadamente el 49% de la radiación solar que llega a la tierra y su atmósfera se absorbe en la superficie, (lo que significa que la atmósfera absorbe 20% de la radiación entrante y el 31% restante rebota hacia el espacio al ser reflejada).

El uso de la temperatura relativamente estable de la tierra puede proporcionar comodidad térmica a costos mínimos de energía. La tierra modera las oscilaciones de temperatura que se producen diariamente y se ha determinado que un retraso de aproximadamente 133 horas ocurre a dos pies de profundidad. El retraso se produce proporcionalmente de tal forma que a ocho o diez pies de profundidad se presenta un desfase de 2100 a 2200 horas o aproximadamente 90 días. Puede lograrse una reducción de 50 a 75 por ciento de la necesidad de calefacción y enfriamiento debido a la moderación de la temperatura y el tiempo de retraso producido por la tierra.

Los efectos de la moderación de la temperatura en una casa semi-subterránea con una gran masa térmica se muestran esquemáticamente en la Figura 3.

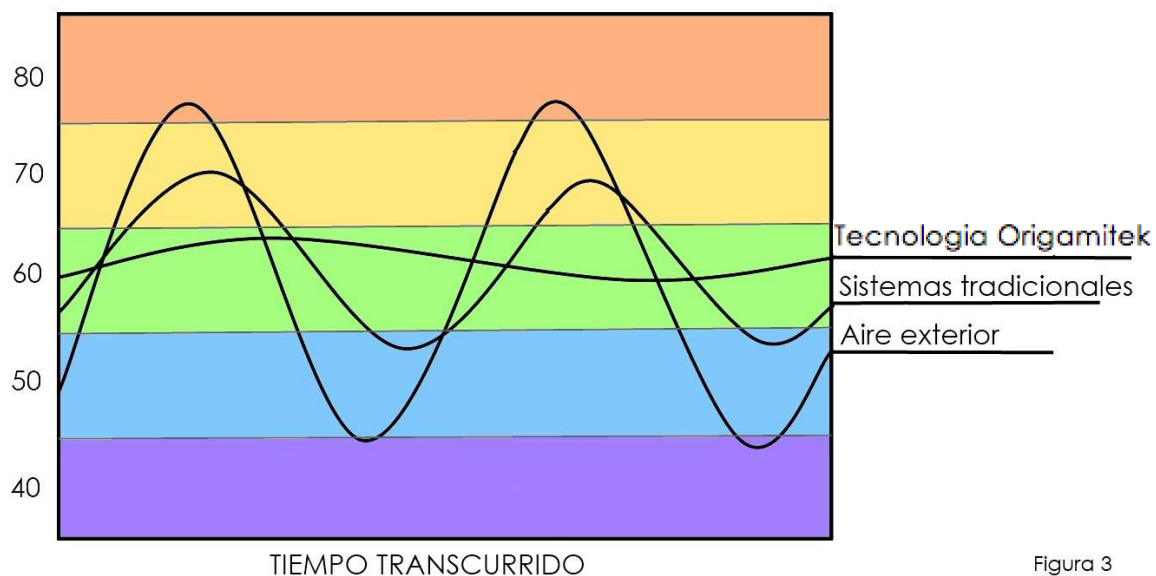


Figura 3

Una pregunta importante, entonces, es si es necesario adicionar aislamiento térmico para optimizar el rendimiento energético de la tecnología **Origamitek** en climas templados. En general para mayor cantidad de aislamiento, mejor será el rendimiento en tiempo de invierno y más pobre en verano. Las cifras son las siguientes:

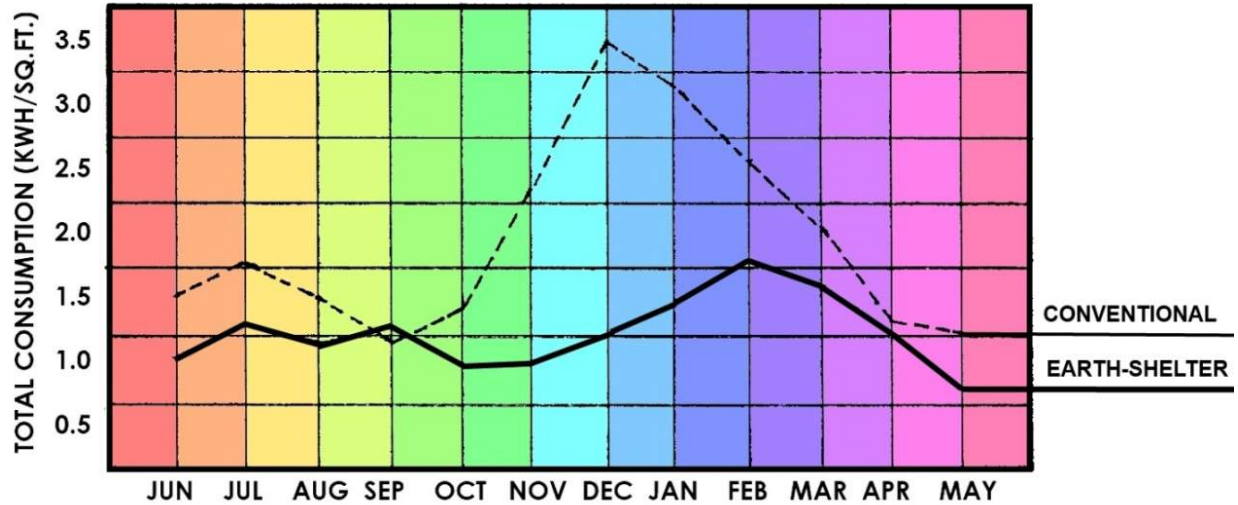
Durante la temporada de invierno las pérdidas de calor en edificaciones semi subterráneas son: 14%, 8% y 5% menores para: 5 cm, 10 cm y 20 cm de espesor de aislamiento térmico. Aumentando el espesor de la cubierta de suelo en 0,5 m disminuye pérdidas de calor unos 20 a 25%, 10 a 15% y 5% por 5 cm, 10 cm y 20 cm de aislamiento térmico. Las ganancias de calor durante la temporada de calefacción (invierno) son unos 40% más en casas semi-subterráneas que en casas convencionales. En las casas convencionales sobre el terreno las ganancias de calor son 3% de las pérdidas de calor. En casas semi-subterráneas las ganancias de calor son hasta unos 15% de las pérdidas de calor durante la temporada de invierno. Durante la temporada de verano las pérdidas de calor de las casas semi-subterráneas son

aproximadamente 20 – 35% superiores a las de casas tradicionales, mientras las ganancias de calor son casi 80% menores. En verano cada 5 cm de aislamiento térmico reduce las pérdidas de calor en un 20%. En edificios convencionales sobre el terreno las ganancias de calor durante la temporada de calefacción son comparables en el rango de espesores de aislamiento térmico analizados. Entonces, se puede concluir que en edificios sobre el terreno el espesor del aislamiento térmico no tiene una influencia significativa sobre las ganancias de calor. En las casas semi-subterráneas las ganancias son mayores con el aumento de espesor de aislamiento térmico. Cada 5 cm de aislamiento térmico aumenta ganancias de calor alrededor de 40%. En casas sobre el terreno las ganancias de calor son 35% de las pérdidas de calor, mientras que en las casas semi-subterráneas es menor la proporción de ganancias de calor a las pérdidas de calor. Si las pérdidas de calor son 100%, las ganancias de calor son sólo 5%. Es por esto que las construcciones semi-subterráneas utilizan menos energía de enfriamiento.

Se puede afirmar definitivamente que el consumo de calefacción y refrigeración de las construcciones semi-subterráneas es definitivamente menor que el de las de encima del suelo. La diferencia entre ellas disminuye con el aumento del espesor del aislamiento térmico. Las casas semi-subterráneas requieren períodos más largos de calefacción que los convencionales, pero las cargas de calefacción total son aún más pequeñas. Esto es debido a la baja temperatura del suelo alrededor de casas de tierra protegida. El período de enfriamiento es casi el mismo. Al analizar la calefacción consumo de energía se puede notar que la mayor diferencia en el consumo de calefacción de un edificio sobre el terreno y uno semi-subterráneo se ve con 0.5 metros de cobertura del suelo. Más aumento del grosor de la cubierta del suelo no produce mayores diferencias. Esta relación también es menor con el aumento de espesor de aislamiento térmico. Los primeros 0,5 m de cobertura del suelo reducen el consumo de calefacción en un 25% frente a una construcción convencional.

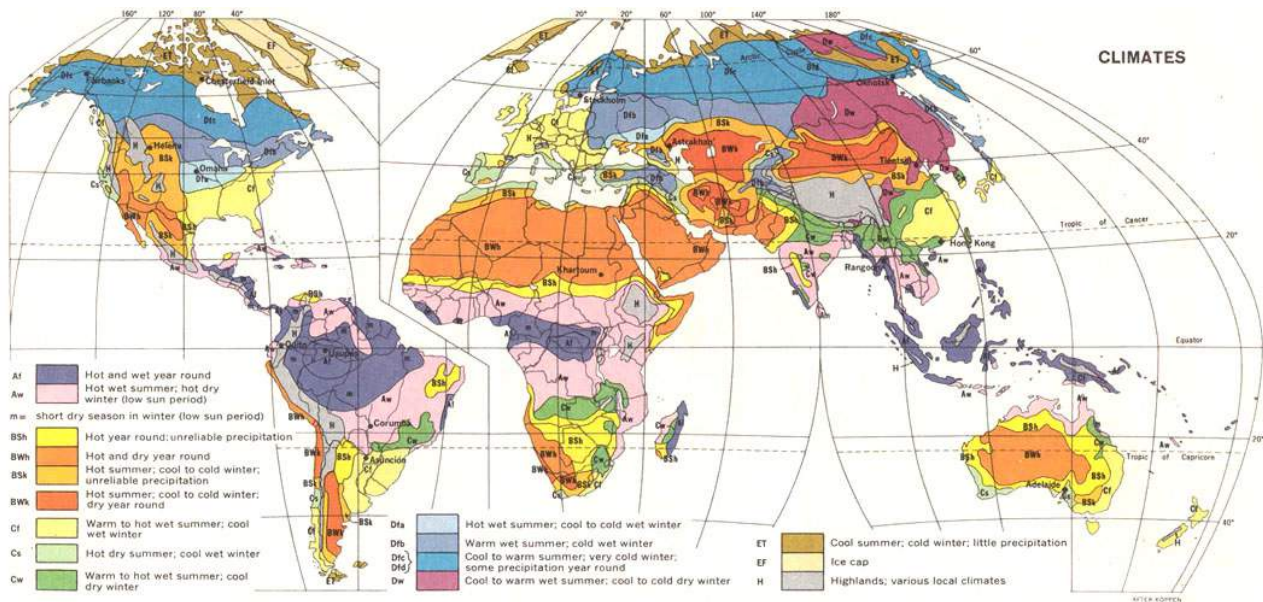
<b>GROSOR DE TIERRA</b>	<b>GROSOR AISLAMIENTO TERMICO</b>			
	<b>5 CM</b>	<b>10 CM</b>	<b>20 CM</b>	<b>30 CM</b>
<b>AHORROS EN CALEFACCION [%]</b>				
0,5 m	24	23	24	24
1,0 m	31	28	27	27
1,5 m	36	32	31	30
2,0 m	41	36	34	33
2,5 m	44	40	37	34
<b>AHORROS ENFRIAMIENTO [%]</b>				
TODOS	52	36	20	15

Así, entre más grueso el aislamiento térmico, mayores los ahorros en calefacción. Puede notarse que desde el punto de vista de la calefacción, con la cobertura del suelo mayor y un aislamiento más grueso, ambos tipos de construcciones consumen menos energía de calefacción. Pero también con mayor espesor de aislamiento térmico disminuye paulatinamente la influencia del suelo, y la diferencia entre las casas semi-subterráneas y las convencionales se vuelve menor. Para cargas de enfriamiento, el espesor de la cubierta de tierra no tiene una influencia significativa. Así cuanto más delgado sea el aislamiento térmico es mayor el ahorro de energía en enfriamiento comparado con las construcciones sobre el terreno. Esto se debe a que el aislamiento actúa como un abrigo, que en invierno protege del frío a la casa, pero en el verano no permite que la tierra contribuya a moderar la temperatura.



2B. LA TECNOLOGÍA **ORIGAMITEK** EN CLIMAS SUB-TROPICALES

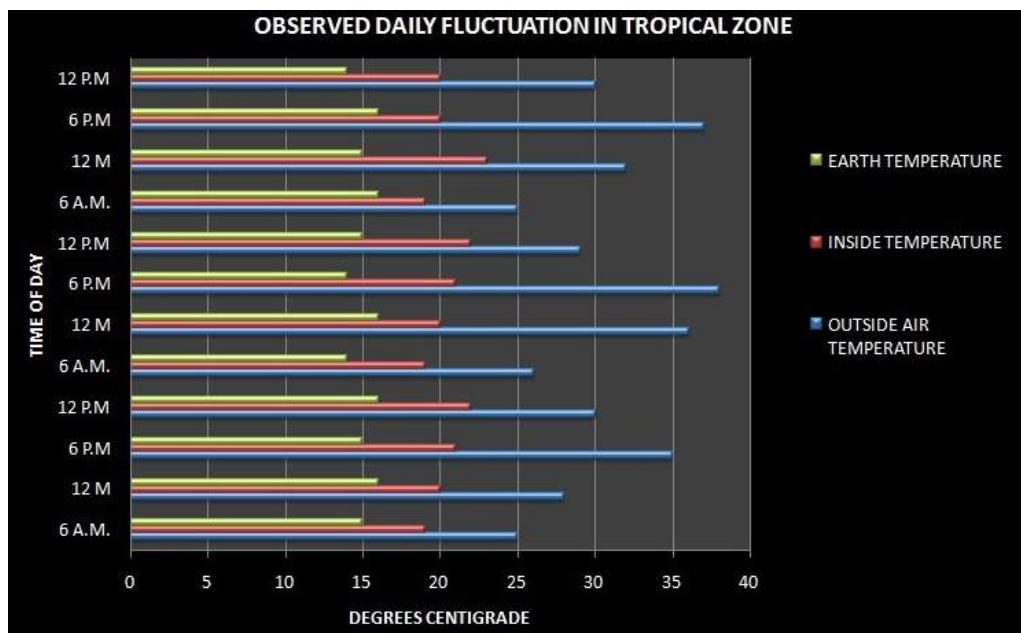
El interés en el uso de la tierra para conservar energía se remonta más de 5 000 años atrás cuando en algunas culturas, ciudades enteras fueron construidas bajo tierra. Los ejemplos son: la ciudad de Matmata en Túnez, el Valle de Goreme en Turquía y la provincia de Henan en Shanxi (China). Todas las antiguas estructuras subterráneas se encuentran en países cálidos, como Turquía, Túnez o norte de China, lo que significa que la tierra fue originalmente usada mas para enfriamiento que calefacción. Esto es muy significativo si se tiene en cuenta el hecho de que más de un tercio de los continentes (unos 4,70 millones km2) están situados en clima caliente seco (es decir, entre 15 ° y 35 ° respectivamente al norte y al sur del Ecuador) y sólo 12% de los continentes están situados en los climas templados (unos 1,550 millones km2). Teniendo en cuenta otras condiciones climáticas, se puede decir que la mitad de los continentes están situados en climas cálidos. Así, el uso de la tierra como componente de enfriamiento del edificio es de gran importancia, especialmente considerando que 15% de la población mundial habita en desiertos y zonas semiáridas.



La tecnología **Origamitek** es verdaderamente ideal en estas condiciones. La baja humedad, altas temperaturas en verano con poca nubosidad y temperaturas moderadas en invierno hacen que la tecnología **Origamitek** sea digna de consideración seria a gran escala. Como se señaló en la sección anterior, las pérdidas de calor en construcciones semi-subterráneas son unos 20 a 35% superiores que en las convencionales, mientras que las ganancias de calor son menores en un 80%.

## 2C. LA TECNOLOGÍA **ORIGAMITEK** EN CLIMAS TROPICALES

En regiones tropicales (aproximadamente de 15 grados hacia el norte a 15 grados sur) las temperaturas son más o menos estables durante todo el año, y las condiciones meteorológicas se rigen principalmente por su ubicación específica y altura sobre el nivel del mar. En ambientes húmedos, una cuestión importante que debe tenerse en cuenta con la tecnología **Origamitek** (como en cualquier otro sistema de construcción) es la cuidadosa colocación de ventanas y claraboyas, para garantizar una ventilación adecuada. Esto es necesario para evitar problemas de condensación causados por la diferencia de temperatura entre las paredes de frías y el aire caliente.



En zonas muy calientes y húmedas, el factor más importante es naturalmente lograr una confortable temperatura interior es la ventilación, ya que el calor generalmente está en el aire y no depende sólo del efecto del sol. Sin embargo, en estas áreas, la eficiencia de incluso el más pequeño sistema de aire acondicionado supera ampliamente la eficiencia en otras construcciones, al ser ayudado por la pérdida de calor causada por la tierra.

## 3. CALIDAD AMBIENTAL Y LA TECNOLOGÍA **ORIGAMITEK**

El uso generalizado de la construcción subterránea y semi-subterránea podría tener un efecto enorme sobre el medio ambiente mundial. Los efectos de la deforestación y el impacto del crecimiento urbano en la atmósfera del mundo sólo ahora están empezando a entenderse. En



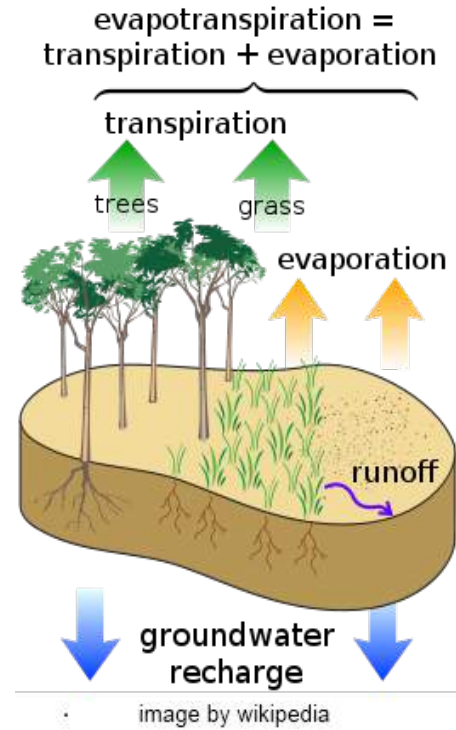
la mayoría de las ciudades, las temperaturas del aire urbano son generalmente superiores a sus correspondientes valores rurales. Este fenómeno, la isla de calor urbana, ha sido reconocido desde principios de este siglo y ha sido bien documentado. El crecimiento de la población en el siglo XXI hará que las ciudades crezcan aun mas y se combinen entre sí, formando mega-ciudades que reduzcan aún más los efectos atenuantes de áreas vegetadas suburbanas y rurales. Una clave para la reducción de los efectos negativos de las comunidades humanas sobre el calentamiento global, la contaminación del aire y el agua, y la calidad de la vida en general, se encuentra en tecnologías diseñadas para devolver el entorno natural a la superficie de la tierra y la ocupacion humana a un nivel intermedio. Estas tecnologías incluyen techos y muros verdes, sistemas de agricultura urbana vertical y la arquitectura semi- subterránea de [Origamitek](#).

Year	Total world population (mid-year figures)	Ten-year growth rate (%)
1950	2,556,000,053	18.9%
1960	3,039,451,023	22.0
1970	3,706,618,163	20.2
1980	4,453,831,714	18.5
1990	5,278,639,789	15.2
2000	6,082,966,429	12.6
2010	6,848,932,929	10.7
2020	7,584,821,144	8.7
2030	8,246,619,341	7.3

3A

### FLUJO DE CALOR LATENTE Y EVAPOTRANSPIRACIÓN

El enfriamiento evaporativo es el proceso por el cual se enfría un área local por la energía utilizada en el proceso de evaporación, energía que de lo contrario habría calentado la superficie del área. Es bien sabido que la pavimentación sobre las zonas urbanas y la tala de los bosques pueden contribuir al calentamiento local disminuyendo el enfriamiento evaporativo local, pero no se había comprendido si esta disminución de la evaporación también contribuiría al calentamiento global. La tierra ha estado en un proceso de aumento de las temperaturas durante al menos las ultimas décadas, principalmente como resultado de las emisiones de dióxido de carbono de la quema de carbón, petróleo y gas, así como la tala de los bosques. Sin embargo, como el vapor de agua juega múltiples papeles en el sistema climático, los efectos sobre el clima global de la evaporación no estaban bien comprendidos. La Evapotranspiración (evaporación y transpiración) de sistemas suelo-vegetación es un moderador eficaz de climas cerca de la superficie, especialmente en las latitudes cálidas y secas medias y bajas. Dadas las condiciones correctas, la evapotranspiración puede crear 'Oasis' que son 2-8 ° C más fríos que sus alrededores. En condiciones extremas de oasis, el flujo de calor latente puede ser tan grande que el flujo de calor sensible se convierte en negativo, lo que significa que el aire por encima de la vegetación y sobre el entorno seco debe suministrar calor sensible a la zona de vegetación y la relación de Bowen (ratio de sensible a flujos de calor latente) se convierte en negativa. Por ejemplo, en desiertos, se pueden desarrollar oasis con relaciones de Bowen de 0.26. En condiciones más normales de oasis, las relaciones de Bowen en zonas verdes están dentro de 0.5-2. En comparación, en las zonas urbanas las proporciones son típicamente alrededor de 5, en un desierto están por los 10 y sobre océanos tropicales, se trata de 0.1. Las zonas urbanas, con amplias superficies impermeables, tienen generalmente mayor escurrimiento que sus contrapartes rurales. El agua de escurrimiento drena rápidamente y, a la larga, queda menos agua para la evapotranspiración, afectando así el equilibrio de energía



de la superficie urbana. La tasa de evapotranspiración inferior en las zonas urbanas es un factor importante en el aumento de las temperaturas diurnas. Simulaciones indican que una cubierta vegetal de 30% podría producir un oasis a mediodía a 6° C en condiciones favorables y una isla de calor durante la noche del 2° C. En conclusión, aumentos en la vegetación en las zonas urbanas pueden ocasionar una disminución de 2° C en la temperatura del aire. En algunas circunstancias favorables, la disminución localizada en la temperatura del aire puede alcanzar 4 ° C.

Los beneficios a largo plazo de la evapotranspiración a menudo se han confundido con la cuestión del efecto Albedo, que es una medida relativa de la reflectividad de las superficies y del propio planeta. En general, entre más reflectivas son las superficies (de mayor Albedo), menos radiación absorben y reflejan menos calor hacia la atmósfera. Ya que los bosques son generalmente atribuidos a un bajo albedo, (como la mayoría del espectro visible y ultravioleta es absorbida a través de la fotosíntesis), se ha asumido erróneamente que quitar bosques conduciría a refrigeración por motivos de albedo mayor. A través de la evapotranspiración del agua, los árboles descargan el exceso de calor desde el dosel del bosque. Este vapor de agua sube resultando en mayor nubosidad que también ocasiona un alto albedo, aumentando aún más el efecto de enfriamiento global neto atribuible a los bosques."

3B.

### PURIFICACIÓN DEL AIRE POR VEGETACIÓN

La vegetación en zonas urbanas y suburbanas reduce los contaminantes del aire a través de efectos microclimáticos y el proceso de deposición seca. La alta área de superficie y rugosidad proporcionada por las ramas, ramitas y follaje hacen de la vegetación un fregadero eficaz para los contaminantes del aire. La vegetación también tiene un efecto indirecto sobre la reducción de la contaminación mediante la modificación de microclimas. Las plantas bajan la temperatura del aire interior a través de la sombra, reduciendo así el uso de electricidad para aire acondicionado. El resultado final es que la emisión de contaminantes de las plantas de energía disminuye debido al uso de energía reducida. Vegetación también disminuye la temperatura del aire cambiando la medida de superficies urbanas y evapotranspiración de refrigeración. La baja temperatura ambiente entonces ralentiza reacciones fotoquímicas y reduce los contaminantes de aire secundarios, como el ozono. Los estudios demuestran que (en las zonas urbanas) la extracción anual por hectárea de techo verde y zonas verdes es de 85 kilogramos y la extracción anual por hectárea de la cubierta forestal es de 97 kilogramos. Lógicamente, en las zonas rurales las tasas serán menores debido a concentraciones más bajas.

La mayoría de estos estudios están relacionados con el reemplazo de techos existentes por techos verdes y asume una relación de costo a beneficio considerando que existen otros métodos de eliminación de la contaminación. Sin embargo, si uno relaciona estas cifras con la posibilidad de comunidades enteras semi-subterráneas con cubierta vegetal como un medio natural, donde una gran proporción de todas las construcciones sean relativamente invisibles, las consecuencias para la salud humana y la salud del planeta son considerables.

4.

### CONCLUSIONES

Existen evidencias cada vez mayores de que el contacto físico y visual con el mundo natural ofrece una variedad de beneficios a las personas. Estas incluyen tanto beneficios mentales como la reducción del estrés y beneficios físicos, como la posibilidad de vivir con un aire más limpio. El acceso al espacio verde puede conllevar reducciones en el pulso y la presión arterial de las personas y puede propiciar el bienestar general. Un estudio Texano de recuperación post-operatoria en hospitales demostró que la recuperación fue más rápida y con menos

probabilidad de recaída si los pacientes podrían acceder a un espacio verde. Un número de hospitales estadounidenses posteriormente han sido rediseñados para aportar estos beneficios a los pacientes. Los efectos negativos de la vida del siglo XXI pueden reducirse de muchas maneras por la construcción semi-subterránea expresada en la tecnología **Origamitek**. El aislamiento acústico de una pared de tierra viva de 40 cm de espesor con vegetación es de 63 decibeles, prácticamente insonorizando un espacio. El aumento de la producción de oxígeno, la reducción de muchos tipos de contaminación, adicionado a la reducción del desperdicio de energía, son argumentos irrefutables para la causa de la construcción de tierra protegida. Podemos imaginarnos un mundo donde la presencia humana es cada vez más discreta, en el cual se reduce cada vez más la huella negativa del hombre sobre la superficie del planeta, y la tecnología **Origamitek** indudablemente tendrá un papel importante en este proceso.

---

## Agradecimientos y Referencias

Este documento contiene observaciones y mediciones realizadas por **Origamitek S.A.S.**, pero es principalmente un compendio y resumen de las obras de respetados científicos y profesionales en los campos de la Biología, Ciencias de la tierra, Arquitectura y otros. Las fuentes que hemos utilizado se enumeran aquí, no necesariamente en el orden en el que se referencian.

Rekki L. Helms, *PASSIVE SOLAR CONTRIBUTION TO EARTH SHELTER PERFORMANCE*, Thesis, 1979.

Al-Temeemi A.A., Harris D.J.: *A guideline for assessing the suitability of earth-sheltered mass-housing in hot-arid climates*, Energy and Buildings, Vol. 36, 2004.

Ickiewicz I.: *Heat conduction in building soils* (in Polish), PhD Thesis, Białystok Polytechnic, Białystok, 1988.

Jacovides C.P., Mihalakakou G., Santamouris M., Lewis J.O.: *On the ground temperature profile for passive cooling applications in buildings*, Solar Energy, Vol. 3, 1996,

Janssen H.: *The influence of soil moisture transfer on building heat loss via the ground*, Ph.D. Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, 2002.

Jędrzejuk H., Marks W.: *Optimization of shape and functional structure of buildings as well as heat source utilization. Partial problems solution*, Building and Environment, Vol. 37, 2002,

Nowak H.: *External interaction of environmental thermal radiation on the building* (in Polish), Scientific Papers of the Institute of Building Engineering at Wrocław University of Technology, WUT Publishing House, Wrocław, 1999.

Nowak H.: *Modelling of the longwave radiation incident upon a building*, Archives of Civil Engineering, XLVII, Vol. 2, 2001. PN-EN-ISO:13370, *Thermal performance of buildings – Heat transfer via ground – calculation methods* (in Polish).

Sodha M.S.: *Short communication: Simulation of dynamic heat transfer between ground and underground structures*, International Journal of Energy Research, Vol. 25, 2001

Staniec M., Nowak H.: *Buildings partly or completely sunk in ground, as alternative to conventional aboveground buildings* (in Polish), Xth Polish Scientific-Technical Conference on Physics of Buildings in Theory and Practice, Łódź, 2005.

Staniec M., Włodarczyk D., Nowak H.: *Examples of earth-sheltered buildings in Great Britain* (in Polish), Renewable Energy. *Innovative ideas and technologies for construction*, scientific Papers of Rzeszów Polytechnic, Rzeszów Polytechnic Publishing House, Solina, 2006, pp. 465–476.

Staniszewski B.: *Heat exchange. Theoretical basis* (in Polish), 2nd Edition, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warsaw, 1980.

Thompson R.D.: *Man's Impact on Climate with particular reference to energy balance changes at the earth's surface*, Recourses and Planning, Pergamon Press, 1979.

Xianting L., Zhen Y., Bin Z., Ying L.: *Numerical analysis of outdoor thermal environment around buildings*, Building and Environment, Vol. 40, 2005

Staniec M.: *Analysis of the influence of earth-sheltering on the building's energy balance* (in Polish), PhD Thesis, Series PRE No. 01/09, Wrocław University of Technology, 2009

Jun Yang a,c,\* , Qian Yu b, Peng Gong c *Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago*.

Shapira, H. B., *Cost and Energy Comparison Study of Above- and Below-Ground Lkuellings*, Oak Ridge National Laboratory report, ORNL/CON-91

Feisel, L. D., *EcorLornic and Design Considerations f i an Underground House*, South Dakota School of Mines and Technology, December 1979

Goldberg, L. F. and C . A. Lane, *A Preliminary Experimental Energy Performance Assessment of Five Houses in the MHFA Earth sheltered Housing Demonstration Pro-Turn*, University of Minnesota, Minneapolis, 1981

Eoyer, L. L. and W. T. Grondzik, *Habitability and Energy Performance of Earth- Sheltered Dwelliwgs*, Oklahoma State University, Stillwater, December 1980

Lewis, D. and W. Fuller, *Solar Age*, (December 1979).

Shureliff, W. A., *Superinsdated Houses and Double-Envelope Houses, A Preliminary Surveg of Principles and Practice*, 2nd Ed., available from author, 19 Appleton Street, Cambridge, Mass., April 1980,

Lahs, K., *Regional Analysis of Ground and Aboveground Climate*, Undercurrent Design Research, New Haven, Conn., 1981.

