

## 15 VIVIENDAS CON APROVECHAMIENTO DE ENERGIA SOLAR - CACHI . SALTA .

Directores : Ing. CESAR NADRA CHAUD - Arq. ELBA VEDOYA de FONTANILLA

Profesional : Arq. EFRAIN LEMA

Asesores Técnicos : Dr. LUIS SARAVIA - Dra. GRACIELA LESSINO .

INSTITUTO PROVINCIAL DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA - (IPDUV)

Avenida Belgrano número 1349 - (4400 Salta)

INENCO - (UNSA . CONICET) - Buenos Aires n° 177 - (4400 SALTA)

Apoyo Financiero: SECRETARIA DE VIVIENDA Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL

### RESUMEN .

#### UBICACION

El conjunto habitacional se emplazará en el poblado de CACHI, Provincia de Salta. Esta localidad se encuentra ubicada en los Valles Calchaquíes, a 160 Km de la Ciudad Capital, a 2280m sobre el nivel del mar, en una latitud 25°10' Sur y encuadrada en zona sísmica - 2° .

La localización en CACHI resulta conveniente a los fines de la investigación en el marco de la geografía / de los Valles Calchaquíes, dado que su situación es una muestra representativa de los valores medios de las cargas térmicas en el mismo . (1540° día anuales) .

#### DATOS CLIMATICOS

El clima es frío y seco, con temperaturas máximas y mínimas de 21°C y 10°C en verano. Los niveles de radiación diaria en el mes de Julio, son: sobre plano horizontal de 15 MJ/m<sup>2</sup> y sobre plano inclinado (90° Norte), 20 MJ/m<sup>2</sup>, siendo su cielo muy claro con una heliofonia en invierno del 85% .

Las precipitaciones no son de consideración, dado que el promedio anual es de 100mm y prácticamente concentrados en el verano y nulos en el invierno . - REFERENCIA 1 .

#### CARACTERIZACION DEL POBLADO DE CACHI .

CACHI, como centro urbano, surgió en la época de la colonia, y su conformación social está representada en su mayoría por descendientes de los grupos étnicos : colla y calchaquíes .

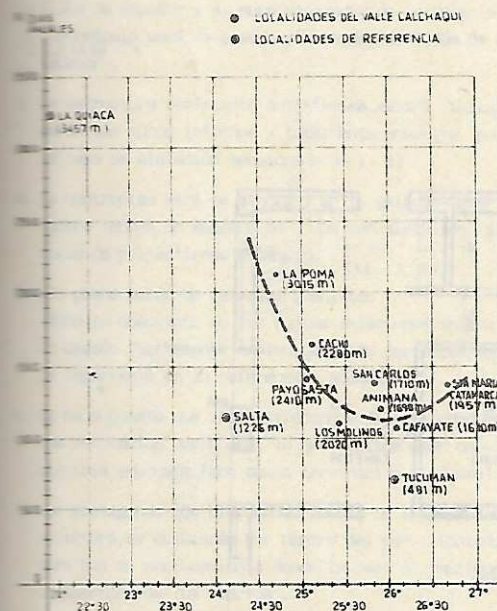
Fue una importante sede para la cría de mulas, llegando a transformarse en un fuerte centro de alimentación en el Noroeste .

Actualmente casi la totalidad de los habitantes se dedica a la cría de ganado (ovino y caprino) y al cultivo / de vid y pimiento . En la mayoría de los casos, esto configura la economía de su subsistencia de las familias . La tecnología utilizada para la construcción de todos / los edificios, se basa en el uso de la piedra en cimientos altos y solados, adobe en los muros y cañizo en torta de barro en los techos. Esta tecnología se mantiene como tradicional en el transcurso del tiempo, ya que la tierra, la piedra y la paja son los únicos elementos existentes en la zona, que pueden utilizarse en construcción

Todo material constructivo que deba trasladarse desde los centros de aprovisionamiento, cuentan solamente con la posibilidad de la ruta Salta-Cachi, en cuyo recorrido se encuentra la Cuesta del Obispo que si bien presenta enormes atractivos paisajísticos, al mismo tiempo es un serio escollo para el tránsito de carga pesada .

#### DISEÑO Y TECNOLOGIA .

El CONJUNTO HABITACIONAL se emplaza en un terreno, con una superficie de 14.775,73 m<sup>2</sup> con fuerte pendiente natu



CURVA DE ° DIAS ANUALES  
LOCALIDADES DEL VALLE CALCHAQUI

GRAFICO 1



-rar, coincidente con las primeras estratificaciones monta-  
 ñosas de la región, con buenas posibilidades de captación  
 Norte. Respecto del diseño del conjunto, se adoptó  
 un criterio similar al existente en el poblado, en el /  
 cual se observa la conformación de calles no ortogona-  
 les que definen amezanamientos irregulares y donde am-  
 bos elementos están sujetos a la topografía del lugar.  
 Dichas calles, a su vez, van generando espacios comunes  
 públicos a modo de ensanchamiento de las mismas que se  
 definen como pequeñas plazas .

La urbanización es una manzana con calles vehiculares/  
 perimetrales y recorridos interiores peatonales con ba-  
 ja densidad . Se ha cuidado que la direccional de las/  
 visuales que crean las peatonales se dirijan hacia la  
 montaña en un sentido y hacia el valle fértil donde se  
 ubica el poblado y el río Calchaquí, en el otro .

Los lotes, todos iguales, tienen 15m x 20m cada uno (300  
 m<sup>2</sup>), y la tipología de viviendas es en Planta Baja y /  
 sin apareamientos, dado que en el sentido Norte-  
 sur no es posible por la captación Norte y en el //  
 sentido Este-Oeste por la fuerte pendiente natural del  
 terreno que se absorbe entre lote y lote y no entre vi-  
 vienda y vivienda .

El DISEÑO DE LAS VIVIENDAS también atiende y re-  
 produce la casa típica del valle, un esquema lineal de  
 locales de uso volcados a una galería con fuerte inci-  
 dencia funcional de usos múltiples. La galería mencio-  
 nada es precisamente el elemento solar adoptado para /  
 el acondicionamiento térmico del edificio y funcionará  
 como invernadero en invierno (cerrada) y abierta en ve-  
 rano .

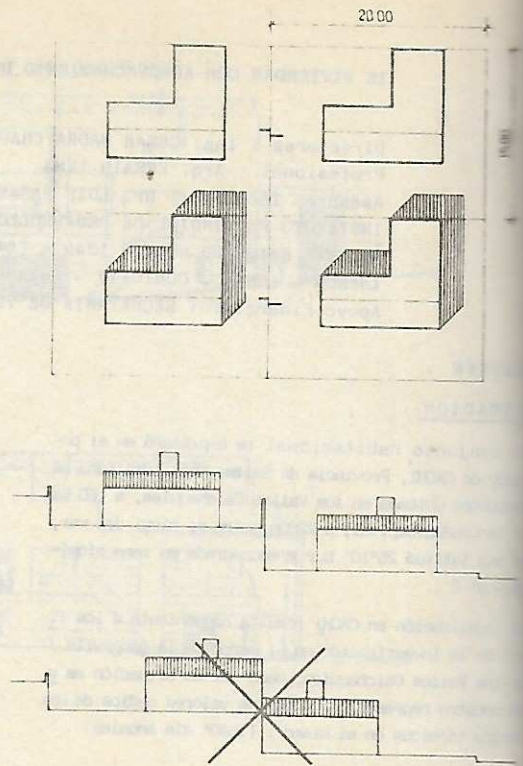


GRAFICO 2

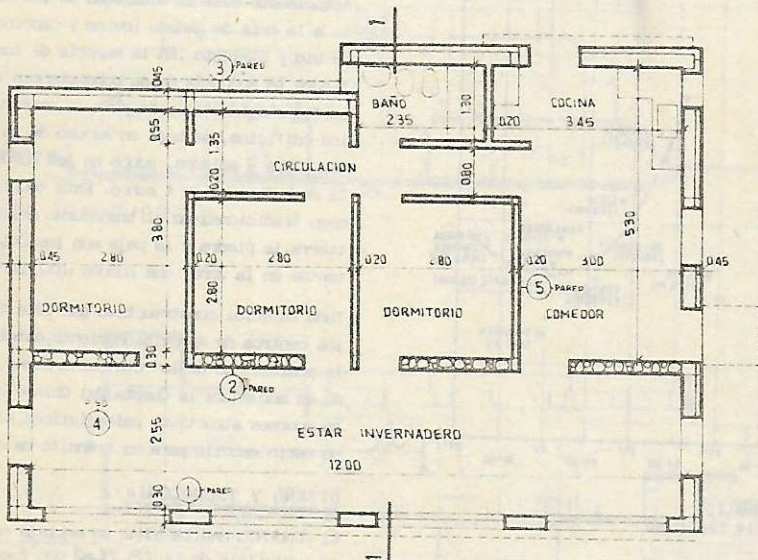
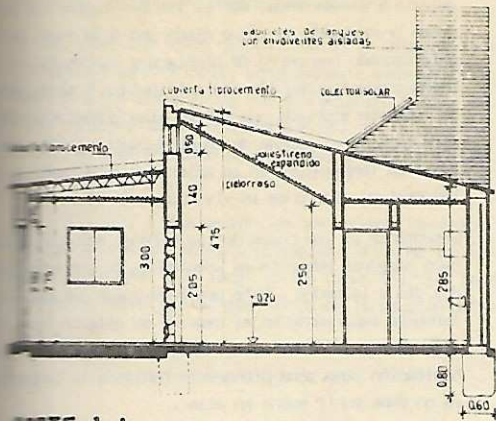


GRAFICO 3





CORTE 1.1

GRAFICO 4

El balance térmico realizado (que se detalla más adelante) supone un conjunto de materiales y técnicas constructivas que se listan a continuación, sin las cuales, es imposible asegurar el comportamiento antes mencionado y, son básicamente:

1. Todas las paredes exteriores estarán construidas con:
  - a) un muro interior de adobes de 0,30m de espesor
  - b) una capa de 0,03m de poliestireno expandido.
  - c) un muro externo de adobe de 0,10m de espesor.
2. Las paredes internas de adobe tendrán no menos de 0,20m de espesor y el muro separador de la galería-invernáculo será de piedra y hormigón de 0,30m de espesor.
3. La estructura resistente antisísmica estará incluida en los muros internos y totalmente envuelta por la capa de aislación mencionada en 1. b)
4. El contrapiso será de piedra y en la galería-invernadero tendrá un espesor de 0,30m con aislación al suelo de poliestireno expandido.
5. Los pisos serán de material granítico.
6. Todo lo descrito en los puntos anteriores indica un diseño fuertemente masivo, aspecto particularmente importante en lo referente a acumulación.
7. Se ha supuesto que las filtraciones de aire produce una renovación por hora, lo que implica usar carpintería adecuada (con buena terminación y ajuste).
8. Los postigones que cierran el frente de la galería colectora, se colocarán por dentro del paño vidriado para que su accionamiento desde la casa no implique la apertura de los vidrios.
9. Se usarán aberturas con un solo vidrio, salvo las ventanas altas Norte, que serán fijas y con vidrios dobles.
10. El techo es con cubierta liviana de chapas de fibro

-cemento y cielorraso -tipo DURLOK, tendrá una aislación de poliestireno expandido de 0,05 m de espesor.

10. Las fundaciones perimetrales tendrán aislación interna.

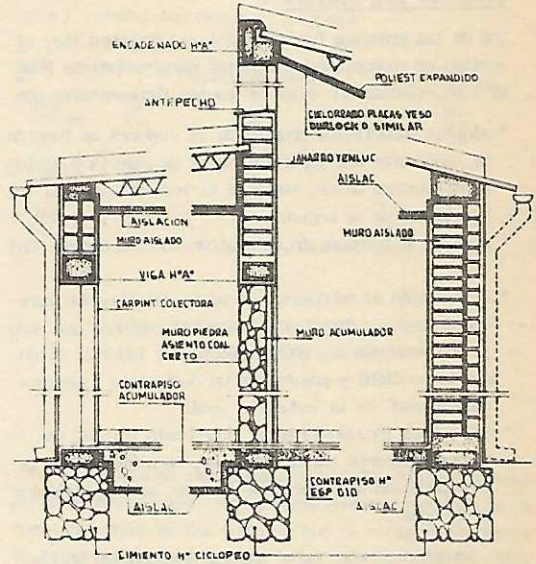


GRAFICO 5

#### EL ADOBE ESTABILIZADO.

La utilización de este mampuesto, se constituye en premisa importante en el desarrollo del Programa y se lo ha adoptado en base a dos consideraciones fundamentales, a saber:

1. Dar respuesta a un problema habitacional en zona aislada, con utilización de materiales y mano de obra locales y equipos simples, y considerando que en CACHI no existen ladrillos cerámicos y su provisión solo puede concretarse desde distantes centros de comercialización se hace difícil y costosa su adopción. Cabe agregar que en CACHI la totalidad los edificios públicos y privados están construidos con adobes, contando algunos con doscientos años de vida útil.
2. El adobe brinda las condiciones de masa necesaria para asegurar un buen comportamiento respecto de la acumulación de energía, como asimismo, en los espesores usados es óptimo respecto de la aislación en paredes exteriores, colaborando así a crear inercia térmica en la casa.

Visto la necesidad de mejorar el adobe tradicional para evitar el factor de rosión e impregnación por efecto de lluvias y otros agentes climáticos, se ha experimentado un procedimiento de incorporación a la mezcla de amasado, de un componente hidrófugo soluble en agua.

.../



Las experiencias han resultado excelentes, habiéndose adoptado las siguientes proporciones de componentes: suelo natural de la zona (1 volumen) arena gruesa (20% del peso del suelo) y emulsión asfáltica tipo EEM 1 de YPF diluída en el agua de amasado (2% del peso del suelo // más la arena). En todos sus detalles la preparación // del adobe es la misma que tradicionalmente se realiza.

### ECONOMIA DEL SISTEMA

Una de las premisas fundamentales del Programa fue el sentido de economía dentro de las características FUNA VI y en relación con ello las pautas fundamentales, son

- \* mínimas superficies propias de la vivienda en función de incorporar una superficie útil de galería que, siendo el sistema solar, responde al modo de vida que los habitantes de la región.
- \* niveles de terminación, de acuerdo con las normas FUNA VI.
- \* utilización de mampuestos de adobe estabilizado para cerramientos y divisorios, material regional que arroja una economía del 200% respecto del ladrillo común puesto en CACHI y posibilita un desarrollo y perfeccionamiento de la industria local.
- \* Los rubros incidentes en el sobrecosto inicial son // fundamentalmente las aislaciones, carpinterías, y la incorporación de colectores solares, para calentamiento de agua.

Es importante hacer notar que las incidencias iniciales, se deben a la premisa de dotación de niveles de confort por sistemas pasivos, que de ser reemplazados por equipos de confort (estufas y calefones a gas) que implica un alto costo de consumo imposible de afrontar para el nivel socio-económico de los futuros usuarios, con el agravante que en CACHI no hay gas natural.

### INFORME TERMICO

#### PREDISEÑO DE LA VIVIENDA

La planta analizada se muestra en el Gráfico 3. Se eligió como sistema solar una galería que mira al Norte, cuyo vidriado permanece cerrado durante el invierno y se abre en el verano.

Se realizó un prediseño de la aislación térmica de la vivienda, tratando de obtener un balance térmico adecuado durante el mes de Julio, sobre la base de un rendimiento típico de colector del 25%. De acuerdo a lo expresado en el informe previo, el balance se logró con:—

- a) Paredes de adobe, de 30cm en el interior y 10cm. en el exterior, con una capa de 3cm de poliestireno expandido en el medio,
- b) Techo liviano de chapa con una aislación de 5cm de poliestireno expandido.

A partir de esta base, es necesario realizar un estudio térmico más detallado con el fin de aclarar los siguientes puntos:—

1. Verificar el rendimiento supuesto. En particular, se debe definir con cuidado la pared intermedia entre la galería y la vivienda, con el fin de lograr una adecuada transmisión de calor desde una a la otra. Se ha seleccionado una pared de hormigón y piedra con una buena conductividad térmica que incluya 8 m<sup>2</sup> de ventana o puerta vidriada que por su alta transmisión térmica permita el pasaje de calor durante el día, moderando la temperatura en la galería y levantando la // temperatura dentro de la vivienda.
2. Determinar si las masas de las paredes son suficientes para asegurar variaciones aceptables de temperaturas del día a la noche. Este problema puede ser particularmente importante en el caso de la galería donde incide la radiación directa. Si se desea utilizar esta // habitación como zona plenamente habitada la temperatura no debe subir mucho en ella.
3. Existen dos posibilidades en lo que se refiere al diseño del vidriado de la galería.
  - a) un vidriado que cubra toda la pared Norte, sin postigones de protección térmica durante la noche.
  - b) un vidriado parcial (con columnas de mampostería // intermedia) con postigones de protección térmica durante la noche.

La primera solución evita el uso del postigo que requiere atención diaria pero provoca mayores temperaturas en la galería durante el día por incidir más radiación. La segunda solución requiere el uso del postigo pero mantiene la temperatura del local en valores más moderados al no incidir tanta radiación.

Además, el postigo permite que la zona de galería se convierta en una pieza completamente habitable, por último, dá lugar a que en los meses de frío intermedio se controle la entrada de radiación evitando los excesos de temperatura.

No se ha planteado el uso de dos vidrios debido a su costo, las mayores dificultades del reemplazo sencillo y a la posibilidad de formación de condensaciones sino se usa una construcción muy buena.

#### ANÁLISIS TERMICO HORARIO

Con el fin de comparar las dos opciones referidas al vidriado de la galería y ver si el efecto de las masas de las paredes sobre las variaciones de temperaturas, se ha realizado un análisis hora por hora de la evolución de las distintas temperaturas en la vivienda. REFERENCIA 3.

El análisis determina la evolución de temperaturas en los dos ambientes principales (galería soleada y vivienda), y el espesor de las distintas paredes. Se analiza el intercambio térmico completo del edificio cada 20 minutos, teniendo en cuenta la variación horaria de la radiación incidente y de la temperatura externa. Se han realizado ciclos de cálculo de cinco (5) días repitiendo las condiciones de temperatura y radiación con el fin de eliminar



influencia de las condiciones iniciales .

Los resultados corresponden a los valores medios de radiación y temperatura para el mes más frío .

Se han usado los datos disponibles de la estación meteorológica de la Provincia, adecuadamente evaluados. Dado que los datos disponibles son de radiación diaria total y tres valores de temperatura por día, se ha usado un método de interpolación para generar los valores horarios .

Los gráficos 6 y 7 muestran las variaciones de temperaturas en los ambientes principales, así como la temperatura externa a lo largo de los cinco (5) días para las dos opciones que se plantearon en la sección anterior .

Se realizó el estudio en detalle de variación de las distintas temperaturas para el día de régimen. En el gráfico 3 se indican cuáles son las paredes 1 y 5. La Tabla I, // muestra un resumen de los aspectos más salientes de las // opciones con fines de comparación .

TABLA I. COMPARACION DE LAS DOS OPCIONES

		OPCION 1 VIDRIADO CON POSTEIO	OPCION 2 VIDRIADO SOLO
Temp vivienda	max	16.2	16.7
	min	13.6	13.9
	salto	2.6	2.8
Temp Galeria	max	24.8	27.5
	min	15.9	14.0
	salto	8.9	13.5
Temp Suelo	max	32.7	39.9

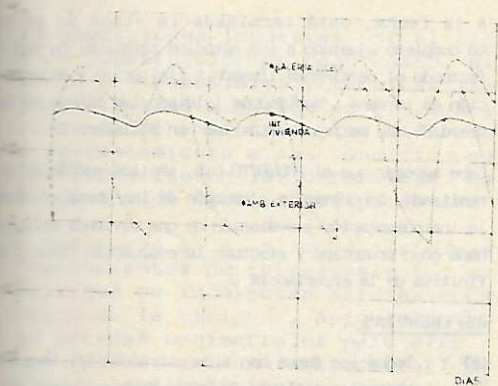


GRAFICO 6

Como se aprecia en las tablas, la opción produce temperaturas de galería más altas y especialmente temperatura de suelo del orden de los 40°C, lo que no sería recomendable si se usa la habitación como local habitado. Los valores de la opción 1, con mejoras para ambas temperaturas. La variación de temperatura dentro de la vivienda está dentro de los valores aceptados (es de 2.6°C) lo que indica que la masa disponible es suficiente para evitar saltos // grandes entre el día y noche. Incluso la variación en la // galería no es muy grande (8.9°C) . La temperatura media de la vivienda (15°C) es un poco baja indicando la necesidad de reajustar en algo el diseño final . De cualquier // manera se debe indicar que el cálculo no incluye la producción de energía por parte de los ocupantes y su actividad diaria, por lo que la temperatura aceptada como conveniente en esas condiciones es de 18°C .

#### AHORRO ANUAL DE ENERGIA

El cálculo anterior fue realizado con valores medios de radiación y temperatura con el fin de estudiar el comportamiento general del diseño propuesto, habiéndose logrado / un balance adecuado .

Ello significa que en días nublados o más fríos será necesario usar algo de energía no solar, mientras que en los días muy claros o de mayor temperatura se disipará algo // de la energía colectada . La evaluación de la energía realmente proporcionada por el sistema solar a lo largo del año, se debe hacer realizando cálculos para todo el período. Existe un método aproximado debido a BALCOMB con el cual // se puede estimar en forma sencilla la fracción  $f$ , de energía solar suministrada a la vivienda respecto a la ener-

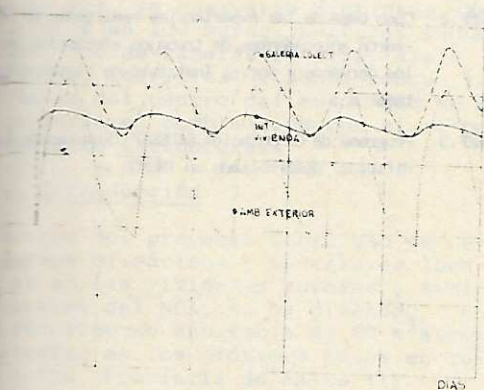


GRAFICO 7



- gía total necesaria . Habiendo sido aplicado, la Tabla 2 nos dá, mes por mes, el valor de la fracción f, así como los valores de radiación media y grados/días utilizados en el cálculo .

TABLA 2 . CALCULO DE LA FRACCION f DE REEMPLAZO SOLAR

MES	RADIAL ABSORBIDA M <sub>i</sub> / m <sup>2</sup>	GRADOS DIA MENS C	FRACC SOLAR %
ENERO	6.1	22	100
FEBRERO	5.9	30	100
MARZO	8.0	62	99
ABRIL	10.4	157	87
MAYO	14.2	253	82
JUNIO	14.2	276	78
JULIO	15.0	292	78
AGOSTO	13.2	265	77
SEPTIEMBRE	9.6	175	81
OCTUBRE	6.5	102	86
NOVIEMBRE	5.6	43	99
DICIEMBRE	6.1	20	100

Como se aprecia aún en el peor mes el reemplazo de energía convencional por solar, es del orden del 80%, lo cual puede ser considerado como excelente y es debido al clima de CACHI que tiene muy pocos días nublados durante el invierno .

#### DISEÑO FINAL

La plata definitiva seleccionada por la Dirección del Proyecto, tiene un quiebre en el techo que permite la entrada directa de luz a los dormitorios. Ello permite mejorar en algo la temperatura de la vivienda, la que era un poco baja de acuerdo a los resultados de las secciones anteriores . Se han agregado 2 m<sup>2</sup> de ventana allí . La Tabla 3, dá los resultados mas importantes de una simulación de este diseño donde se aprecia una mejora de la temperatura media obtenida en la vivienda .

TABLA 3. DISEÑO FINAL

TEMP VIVIENDA	max	17.2
	min	14.1
	saño	2.6
TEMP GALERIA	max	24.4
	min	16.0
	saño	8.4
TEMP SUELO	max	32.5

Los resultados de las simulaciones y de la aplicación del método BALCOMB indican que el comportamiento térmico del diseño propuesto será aceptable durante el invierno si se cumplen con las especificaciones constructivas supuestas.

Durante el verano las temperaturas medias son ligeramente inferiores a las temperaturas de confort por lo que, no es necesario tomar precauciones especiales, siendo únicamente recomendable colocar ventanas en el dormitorio más grande y en el comedor con el fin de asegurar una ventilación cruzada para eliminar el calor en días anormales . En esta época la galería colectora trabajará con las puertas vidriadas del frente y las ventanas laterales abiertas .

Durante los meses intermedios los postigones permiten realizar un control de la radiación incidente con el fin de mantener una temperatura adecuada en la vivienda hasta que se decida abrir las puertas vidriadas al llegar los meses de verano .

#### ESTADO DE AVANCE DEL TRABAJO

A la fecha, está terminada la etapa de proyecto completo ajustado a los estudios térmicos, ha sido efectuado el pertinente llamado a licitación y adjudicación de la obra . Habiéndose iniciado las mismas en Febrero/85, se estima terminarlás en Diciembre/85 .

Cabe agregar que el PROYECTO OIS, implica además de lo realizado, concretar la ejecución de las obras, efectuar la instrumentación y mediación de una vivienda seleccionada como prototipo y efectuar la evaluación final y definitiva de la experiencia .

#### REFERENCIAS .

- REF.1 : Todos los datos han sido extraídos del Compendio Mensual - Análisis de Datos Meteorológicos del Noroeste Argentino y su relación con el uso de sistemas de climatización natural (Estación 172 - SVOA - INENCO) .
- REF.2 : Como base de las experiencias realizadas se utilizaron antecedentes de trabajos efectuados por los peruanos y por el Instituto de Vivienda de Cuzco .
- REF.3 : Programa de Computación SIMEDIF (Simulación de Edificios) desarrollado en INENCO .-