



3 Y 4 DE NOVIEMBRE DE 2022 - UTN FACULTAD REGIONAL RECONQUISTA

## DISEÑO DE ESTRUCTURA PARA EVITAR EL ESTRÉS TÉRMICO EN GANADO BOVINO

### STRUCTURE DESIGN TO AVOID THERMAL STRESS IN CATTLE

**Jonatán CUATRÍN,**

Grupo GIAMNCI - Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela

jonatancuatrin@gmail.com

**Lautaro ENRICI,**

Grupo GIAMNCI - Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela

lautaroenrici@gmail.com

**Lautaro FALCHINI**

Grupo GIAMNCI - Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela

lautarofalchini777@gmail.com

**Joaquín VIOTTI**

Grupo GIAMNCI - Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rafaela

joaviotti@gmail.com

## Resumen.

El centro de la provincia de Santa Fe, donde se encuentra ubicada la Regional Rafaela, es una cuenca lechera. El rendimiento en la producción de leche de cada vaca puede verse disminuido con elevadas temperaturas, ya que gran parte de la energía disponible en el animal es invertida en disminuir su temperatura corporal.

El productor, conociendo este inconveniente, desarrolla sombras caseras, materializadas con los elementos disponibles, sin tener en consideración las solicitaciones a las que se verá sometido en su vida útil. Como resultado de ello, las estructuras colapsan ante algunas solicitaciones externas ordinarias.

El presente trabajo, en esta primera etapa, se enfoca en desarrollar una sombra mas eficiente que las existentes. Por otra parte, analiza las solicitaciones a las cuales esta se encuentra sometida.

**Palabras clave:** estrés térmico, ganado bovino, estructuras agropecuarias.

## Abstract.

The center of the province of Santa Fe, where the Rafaela Regional is located, is a dairy center. The yield in milk production of each cow can be diminished with high temperatures since a large part of the energy available in the animal is invested in lowering the body temperature.

The producer, knowing this inconvenience, develops homemade shadows, materialized with the available elements, without an analysis of the loads to which it will be subjected in its useful life. As a result, structures collapse under some ordinary external stresses.

The present work, in this first stage, focuses on developing a more efficient shade than the existing ones. On the other hand, analyzes the requests to which it is subjected.

**Keywords:** thermal stress, cattle, agricultural structures.

## Introducción.

La producción lechera es una rama de la producción agropecuaria equipada con tecnología avanzada.

La producción intensiva requiere de pasturas sembradas, con control de alimentación sectorizada por potreros. Las sombras naturales existentes, han sido eliminadas ya que sus raíces y copas generaban inconvenientes en la siembra.

Surge así la necesidad de generar una sombra artificial que reemplace la sombra natural.

Las estructuras diseñadas por los productores tienen orientación hacia lo artesanal. Utilizan los elementos existentes en el predio, con escasez de análisis de las cargas a las que se verá sometida.

Las cargas que este recibe, en su mayoría la llevan a colapso, generando desazón en el productor que debe rehacer la estructura, lo que lleva nuevamente a una inversión tanto en materiales y mano de obra.



Figura 1: estructura de sombra colapsada por acción del viento.

El valor que mide el estrés térmico es el Índice de Temperatura y Humedad (ITH). A partir de un valor mayor a 72, (autores la ubican en 74) la producción se ve afectada. (Román, 2014)

La sombra es un elemento fundamental, que sumado a la aspersion y ventilación forzada mejoran la temperatura corporal del animal (Armendano, 2016)

		Humedad Relativa (%)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Temperatura (°C)	38	77	79	82	84	86	89	91	93	96	98	100
	37	76	79	81	83	85	87	90	92	94	96	99
	36	75	78	80	82	84	86	88	90	93	95	97
	35	75	77	79	81	83	85	87	89	91	93	95
	34	74	76	78	80	82	84	85	87	89	91	93
	33	73	75	77	79	80	82	84	86	88	90	91
	32	72	74	76	77	79	81	83	84	86	88	90
	31	71	73	75	76	78	80	81	83	85	86	88
	30	71	72	74	75	77	78	80	81	83	84	86
	29	70	71	73	74	76	77	78	80	81	83	84
	28	69	70	72	73	74	76	77	78	80	81	82
	27	68	69	71	72	73	74	76	77	78	79	81
	26	67	69	70	71	72	73	74	75	77	78	79
25	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	
24	66	67	68	69	70	70	71	72	73	74	75	
23	65	66	67	67	68	69	70	71	72	73	73	

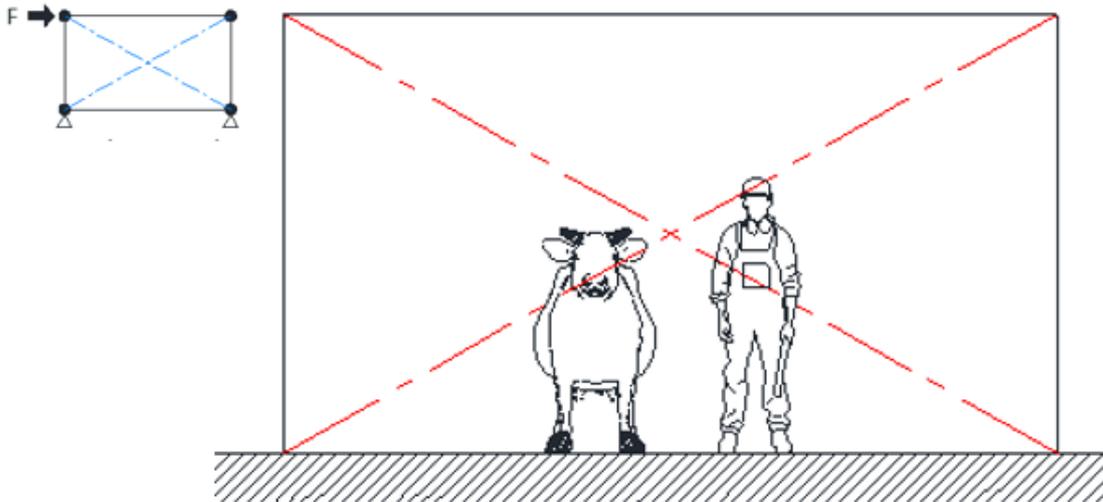
Tabla 1. Valores ITH: verde zona de confort y rojo colapso del animal (Fuente: INTA EEA Balcarce).

### Desarrollo.

A partir de la tipología estructural Casa Molecule, basado en un sistema de ensamble rápido y eficiente se generó un diseño que ofreciera la mayor superficie de sombra al menos costo efectivo posible. Esto hace referencia a utilizar todos los recursos que sean necesarios para su correcto funcionamiento, sin recurrir a gastos innecesarios.

El diseño consiste en barras rectas que se unen en los nodos, mediante conectores rápidos. También se suele agregar formas triangulares que aportan una mayor rigidez a la estructura. Sin embargo, esta rigidización no es posible en las sombras agropecuarias debido a que los tensores de las cruces de San Andrés impiden el uso de la estructura, tal como se aprecia en la figura 2.

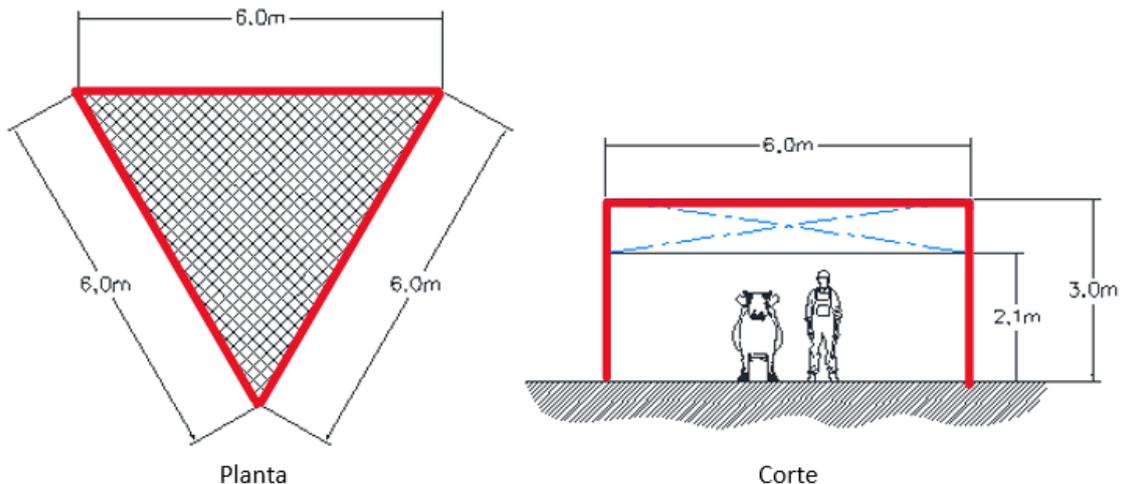
Por otra parte, tampoco se pueden sacar los tensores fuera de las estructuras ya que provocarían accidentes, tal como lo previenen los artículos del Título III de la Ley de Higiene y Seguridad para la Actividad Agraria, (Ministerio de Trabajo, 1997).



**Figura 2: modelo rígido pero que no puede ser utilizado como sombra agropecuaria.**

La forma de rigidizar el módulo base es elevando el elemento rigidizador a una altura que permitiera el paso tanto del personal de explotación y mantenimiento, como el del ganado vacuno.

Las dimensiones adoptadas, en una primera etapa fueron las que se indican en la figura 3.



**Figura 3: modelo rígido con cruz de San Andrés rigidizadora superior.**

Dentro del proceso de diseño, se modelaron varias alternativas. Para cuantificar su eficiencia se generó una ecuación que compara la sombra proyectada y la cantidad de material utilizado.

En la Tabla 2, se aprecian los rendimientos de superficie y la eficiencia de cada forma estructural, calculados para una celda unitaria.

Forma estructural de la celda Paralelepípedo rectangular		Forma estructural de la celda Prisma triangular	
Largo	6,00 m	Largo	6,00 m
Ancho	4,00 m	Ancho	5,20 m
Alto	3,00 m	Alto	3,00 m
Superficie cubierta	24,00 m <sup>2</sup>	Superficie cubierta	16,00 m <sup>2</sup>
Total de barras utilizadas	52,00 m	Total de barras utilizadas	63,00 m
<b>Eficiencia del diseño</b>	<b>0,46 m<sup>2</sup>/m</b>	<b>Eficiencia del diseño</b>	<b>0,25 m<sup>2</sup>/m</b>

Tabla 2: eficiencia estructural de la celda unitaria.

La forma adoptada final, surge de un análisis que nace en la naturaleza: el teselado regular de forma hexagonal, conformado por núcleos rígidos triangulares, como se aprecia en la figura 4.

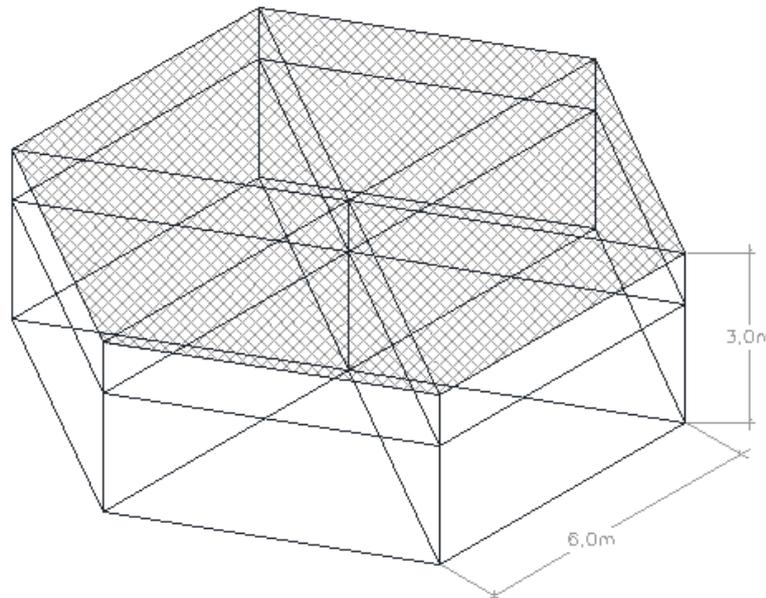


Figura 4: modelo final con núcleos triangulares.

Aplicando nuevamente el análisis, obtendremos los resultados que se muestran en la tabla 3. Podemos observar que la eficiencia mayor está en la forma hexagonal. Si bien demanda más cantidad de metros lineales de barra, este ofrece a cambio mayor superficie en planta.

Forma estructural de la celda		Forma estructural de la celda	
Paralelepípedo rectangular		Prisma hexagonal	
Largo	6,00 m	Largo	12,00 m
Ancho	4,00 m	Ancho	10,39 m
Alto	3,00 m	Alto	3,00 m
Superficie cubierta	24,00 m <sup>2</sup>	Superficie cubierta	93,50 m <sup>2</sup>
Total de barras utilizadas	52,00 m	Total de barras utilizadas	93,00 m
<b>Eficiencia del diseño</b>	<b>0,46 m<sup>2</sup>/m</b>	<b>Eficiencia del diseño</b>	<b>1,01 m<sup>2</sup>/m</b>

Tabla 3: eficiencia mayor del prisma hexagonal.

Con el diseño definido, lo modelamos en el software para determinar las cargas a las que se verá sometido.

El programa utilizado es el RFEM 5, de la compañía Dlubal, en sus versiones campus. Para el modelado se utiliza las siguientes condiciones: los nudos al ser materializados como elementos rígidos se aplica el mismo concepto en software, a la vez se consideró 4 vacas apoyándose en la estructura a la vez en la misma dirección (consideramos a la misma como carga dinámica, provocando una fuerza de 6,4 KN) mas la carga de viento para ello se adopta la maxima velocidad de diseño que se indica en el Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones (CIRSOC 102, 2005). De la figura 1A obtenemos una velocidad de viento de 60 m/s. Esta velocidad surge como una de las mas desfavorable en el país. Por lo que dicha estructura puede montarse en cualquier región, siempre que su velocidad no supere el máximo establecido.

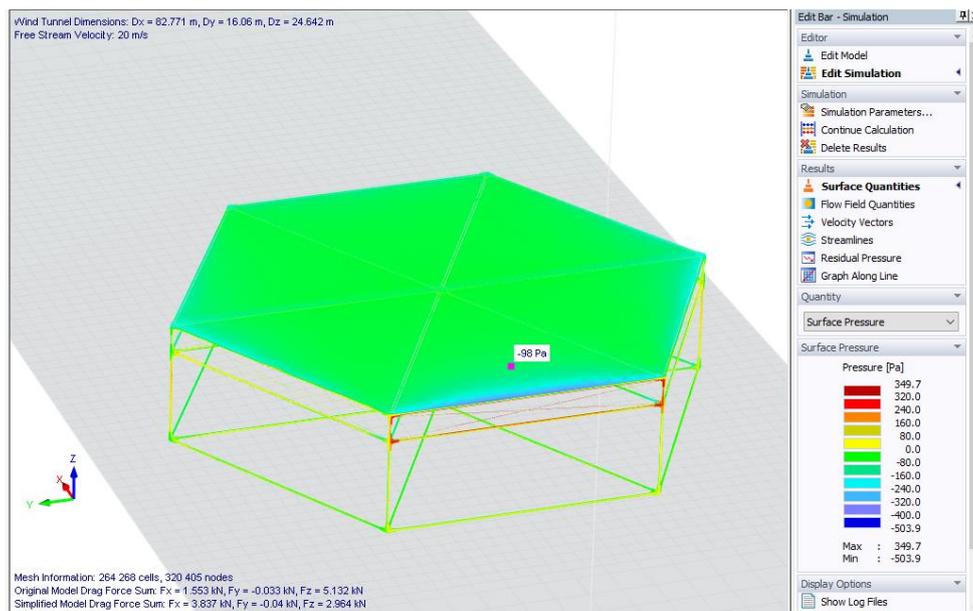
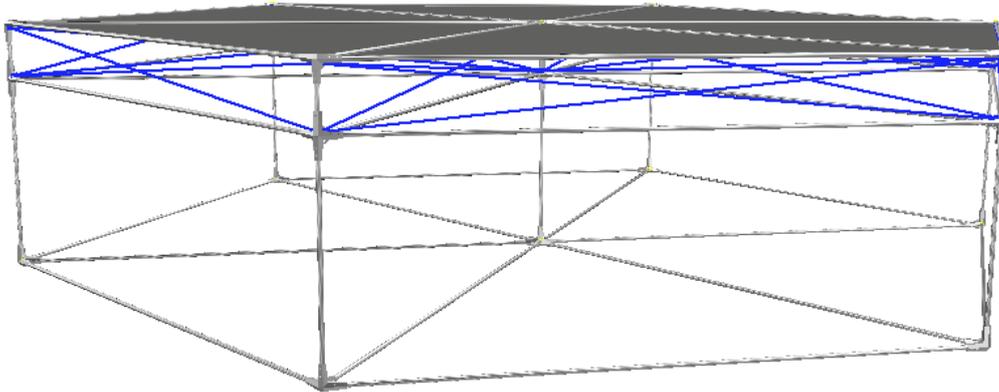


Figura 5: carga del modelo en el programa.



**Figura 6: modelo render del diseño adoptado.**

## Conclusiones

La estructura ha sido modelada en el programa y sometida a las cargas gravitatorias, no gravitatorias y de empuje que se considera tendrá durante su vida útil.

Los valores que dieron como resultado, alimentarán la segunda parte de este proyecto, que es el diseño de las barras y su materialidad. Luego, la tercera etapa es materializar el diseño en el INTA Rafaela para monitorear su comportamiento.

Como conclusiones de equipo y personales tenemos que la investigación nos permite avanzar en el conocimiento mas allá de los límites del aula. Cada paso dado en el proyecto genera un nuevo interrogante que demanda lectura, investigación, análisis y discusión de los resultados.

Con respecto al diseño, la forma definida es la mas eficiente. Provoca un cambio en la protección del ganado para la producción lechera: la sombra a materializar tiene como respaldo a su eficiencia, un proceso de investigación que mejora lo realizado hasta la fecha.

## Bibliografía.

Armendano, J. I. (2016). *Estres en ganado bovino*. Balcarce: INTA EEA Balcarce.

CIRSOC 102 (2005). *Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones*. CABA: Centro de Investigación de los reglamentos de seguridad para Obras Civiles.

Román, L. (2014). *Estrés térmico en vacas lecheras*. INIA, págs. 34 - 39.

Ministerio de Trabajo (1997). *Ley de Higiene y Seguridad Agraria*. CABA: Ministerio Trabajo.