





The Museum of Texas Tech University

PUBLIC HOURS

Main Museum Building-10:00 a.m. to 5:00 p.m. Tuesday through Saturday, with extended hours until 8:30 p.m. on Thursday evenings. Sunday 1:00 to 5:00 p.m.

Free Admission. Closed Mondays.

ACKNOWLEDGEMENTS

The Museum of Texas Tech University would like to thank the following:

- Members of the Wind Engineering Research Center and Institute for Disaster Research for their time, documentation, and photographs.
- The *Lubbock Avalanche Journal* for photographs.
- Oriana Pleil for the Spanish translation of the catalog text.
- Lesley Keneipp for the catalog layout and design.
- Rebecca Hinrichs for the photographs of the memorial plaques.
- Laura Tankersley for compiling and editing the catalog text.
- Darrel Thomas for the portraits of the wind engineering faculty.

In conjunction with a commemorative conference, the Museum will host this exhibition focusing on both the 1970 Lubbock tornado that inspired the Center's creation, and the development of the wind engineering research program, as an internationally recognized authority on wind and its effects.

This exhibit was curated by Dr. Kishor Mehta, Director of the Wind Engineering Research Center, and Dr. Richard Peterson of the Geosciences Department of Texas Tech University.

La Museum of Texas Tech University

HORARIO AL PÚBLICO

Edificio Principal del Museo-De martes a sábados, de 10:00 a.m. a 5:00 p.m.; jueves abierto hasta las 8:30 p.m. Domingos de 1:00 a 5:00 p.m.

Entrada Gratuita. Cerrado los lunes.

AGRADECIMIENTOS

El Museo de Texas Tech University le gustaría agradecerle a las siguientes personas:

- A los miembros del Wind Engineering Research center y al Institute for Disaster Research por su tiempo, documentaciones fotografías.
- Al periódico *Lubbock Avalanche Journal* por las fotografías.
- A Oriana Pino-Pleil por la traducción al español del catálogo.
- A Lesley Keneipp por el arreglo y el diseño del catálogo.
- A Rebecca Hinrichs por las fotografías.
- A Laura Tankersley por recopilar y preparar el tema del catálogo.
- A Darrel Thomas por las fotografías.

En conjunto con una conmemorativa conferencia, el Museo anfitriónará esta exhibición la cual se concentra en el tornado de Lubbock de 1970 que inspiró la creación del Centro, y el desarrollo del programa de investigación del viento, como una autoridad internacionalmente reconocida en el viento y sus efectos.

Esta exhibición fue originada por el Doctor Kishor Mehta quien es el Director del Wind Engineering Research Center, y Doctor Richard Peterson del Geosciences Department de Texas Tech University.

Left: Destruction of a residential area from the Wichita Falls tornado in 1979.

Timeline of the development of wind engineering studies at Texas Tech University...



The Importance of Wind Engineering

Hurricanes and tornadoes cause deaths, injuries, and billions of dollars of property damage. The Gulf and Atlantic coastal areas of the U.S. are exposed to hurricane threats, while on the average 1000+ tornadoes are recorded yearly in the lower 48 states. Wind engineering research and the implementation of research results can reduce property losses significantly and mitigate injuries, fatalities, and human suffering. Wind engineering research will help provide cost-effective buildings, improved building ventilation, safer takeoffs and landings at airports, helipads, and space launch pads, pedestrian comfort in urban centers, prevention of snow drifts and prediction of cross currents on highways, that provide for safer driving conditions, the end of significant erosion, and the development of wind energy as an alternative resource.

Many significant reports to research sponsors and publications in professional journals and other sources have resulted from the wind engineering research program at Texas Tech University. Numerous governmental agencies such as the Department of Energy and the construction and auto industries use the results of the wind engineering research conducted by both the Institute for Disaster Research and the Wind Engineering Research Center at Texas Tech.

La Importancia de la Ingeniería del Viento

Los huracanes y los tornados causan muertes, lesiones y billones de dólares en daños de propiedades. Las regiones costeras del Golfo de México y del océano Atlántico de los Estados Unidos están expuestas a las amenazas de los huracanes, mientras tanto por término medio están registrados más de 1.000 tornados anualmente en los 48 Estados, no incluyendo Alaska ni las islas Hawai. La investigación de la ingeniería del viento y el cumplimiento de los resultados de la investigación pueden reducir significativamente las pérdidas de propiedades y moderar las lesiones, las fatalidades, y el sufrimiento humano. La investigación de la ingeniería del viento ayudará a proporcionar un costo efectivo en las construcciones, a mejorar la ventilación de las viviendas, a dar una mayor seguridad en los despegues y aterrizajes de aviones en los aeropuertos, en las pistas de los helicópteros, y en las plataformas de lanzamientos de cohetes espaciales, a facilitar la comodidad a los peatones en los centros urbanos, a la prevención de amontonamientos de nieve, a la predicción de las contracorrientes en las carreteras la cual va a otorgar una mayor seguridad a las condiciones de manejo. Por último, va a ayudar al término de una significativa erosión debido al viento, y al desarrollo de la energía del viento como un medio de alternativa.

Numerosos informes importantes a patrocinadores de la investigación y las publicaciones en las revistas profesionales, y otras fuentes han resultado del programa de la investigación de la Ingeniería del viento de Texas Tech University. Varias agencias gubernamentales tal como el Department of Energy y las industrias de construcción y de automóvil usan los resultados de la ingeniería del viento la cual está conducida por el Institute for Disaster Research y por el Wind Engineering Research Center en Texas Tech University.

Left: Destruction from the Wichita Falls tornado in 1979.

1970

- First grants/contracts with American Institute of Steel Construction (AISC), Metal Building Manufacturers Association (MBMA) and National Science Foundation (NSF)
- Tornado hits the city of Lubbock, Texas
- Hurricane Celia strikes Corpus Christi, Texas



In the Beginning...The Institute for Disaster Research

In the late 1960s, a team of structures faculty members including Joe Minor, Kishor Mehta, James McDonald, and Ernst Kiesling had all come to be in the Civil Engineering Department at Texas Tech University. This energetic team of young people, while poised to perform research in the field of building structure stability in severe winds, had no clear focus or apparent opportunity for study. The arrival of the Lubbock tornado on May 11, 1970, with the massive structural damage it caused, brought a chance for research sharply into focus.

At the time of the Lubbock tornado, most of the Civil Engineering faculty lived in southwest Lubbock, where the storm was less severe. The next day the engineers conducted observations of the city's buildings, and only then began to realize the intensity of the storm and the severity of the damage. Awareness of the harshness of the storm seemed to come in stages, but it soon became apparent that a massive amount of structural damage had occurred to buildings in Lubbock, and that there was valuable research to carry out about their behavior.

Little did they realize, at the time, that the pre-eminent wind engineering research program in the world would grow out of their efforts.

The group saw the opportunity to contribute to the knowledge base in an area where limited research existed. Little did they realize, at the time, that the pre-eminent wind engineering research program in the world would grow out of their efforts.

Without much forethought about where the information would lead them, this young team of specialists documented, through pictures and word descriptions, the break-down and failure modes of many of the damaged buildings in Lubbock after the devastating storm. This research program, known originally as the University Program in Disaster Re-

En el Principio...del Institute for Disaster Research

A fines de los años de 1960, un equipo formado por miembros de la facultad que incluía a Joe Minor, Kishor Mehta, James McDonald, y Ernst Kiesling, todos ellos habían llegado a ser parte del Departamento de Ingeniería Civil de Texas Tech University. Este equipo energético de gente joven mientras tanto estaba pasivo para hacer una investigación en el campo de la estabilidad estructural de la construcción en vientos severos, no tenía un foco claro o una aparente oportunidad para el estudio. La llegada del tornado de Lubbock el 11 de mayo de 1970, el cual causó gran daño estructural, trajo consigo una evidente oportunidad para la investigación que se puso en marcha.

Cuando ocurrió el tornado de Lubbock, la mayoría de la facultad de Ingeniería Civil vivía en la parte del suroeste de Lubbock donde la tormenta fue menos severa. Al día siguiente los ingenieros llevaron a cabo las observaciones de las construcciones de la ciudad, y sólo entonces ellos empezaron a comprender la intensidad de la tormenta y la gravedad del daño. El conocimiento de la severidad de la tormenta parecía venir en etapas, pero éste pronto llegó a ser aparente que una gran cantidad de daño estructural había ocurrido a las construcciones en Lubbock, y que había una valiosa investigación para ser llevada a cabo acerca de su comportamiento.

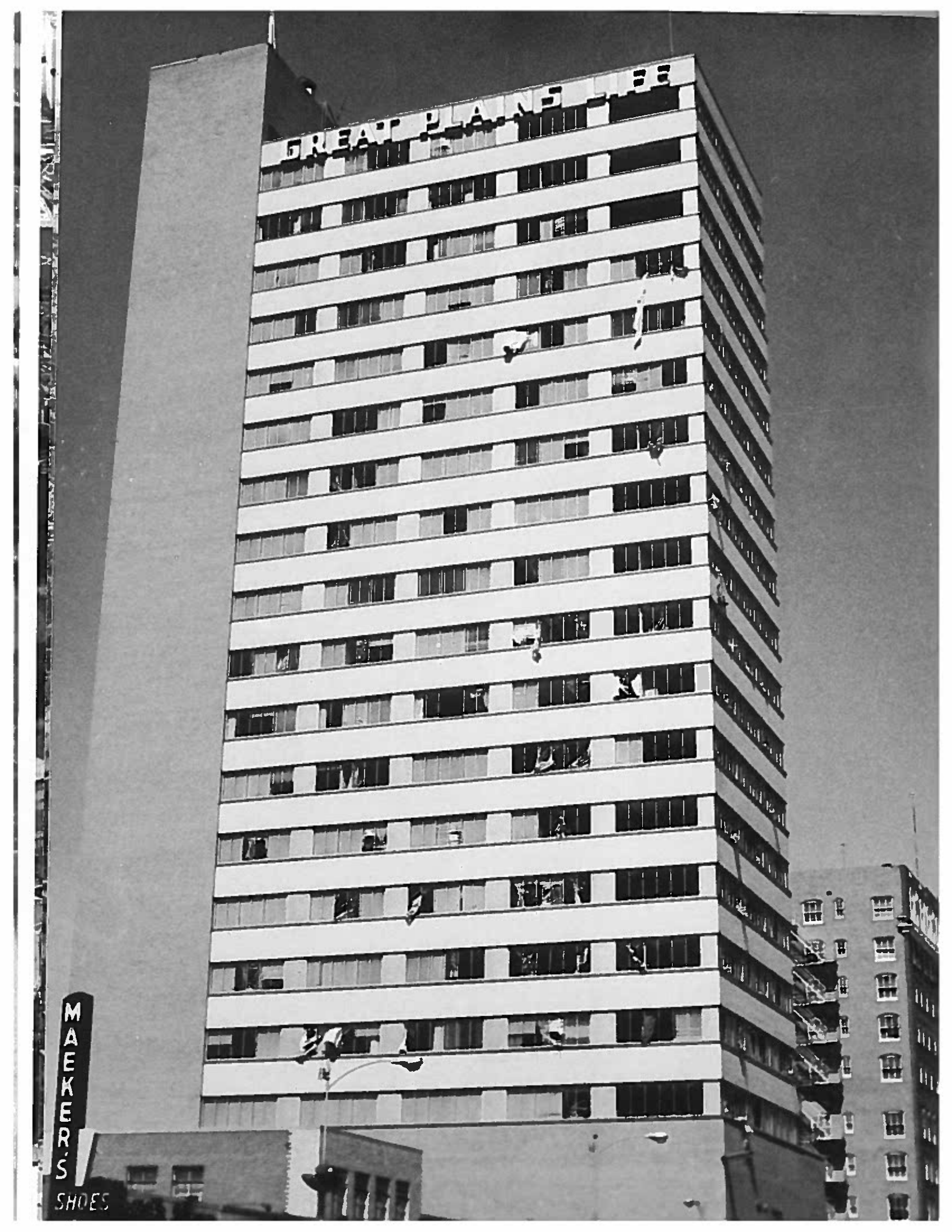
En ese entonces ellos no se dieron cuenta que el preeminente programa de la investigación de la ingeniería del viento crecería en el mundo debido a sus esfuerzos.

El grupo vio la oportunidad para contribuir al conocimiento basada en un área donde existía una investigación limitada. En ese entonces ellos no se dieron cuenta que el preeminente programa de la investigación de la ingeniería del viento crecería en el mundo debido a sus esfuerzos.

Left: Great Plains Life Building, now known as the Metro Tower, after the Lubbock tornado.

1971

- First major National Science Foundation grant to study wind engineering
- First major National Science Foundation grant to study tornado damage
- Orlo Childs established Institute for Disaster Research; Joseph E. Minor named as Director
- First short course on tornadoes
- Publication of first Storm Research Report (SRR03) on building damage from Lubbock tornado



GREAT PLAZA

MAKER'S
SHOES

search, dealt with the effects of natural hazards on societal systems. Their efforts contributed to a report produced by the National Academy of Engineering through a team headed by Dr. J. Neils Thompson of the University of Texas at Austin. However, the faculty at Texas Tech wrote a much more comprehensive report dealing with building damage. This was a major contribution to the knowledge base in the fact that it was the most complete report produced to date on wind damage to structures.

In 1971, Dr. Orlo Childs, who was Vice-President for Research at the time, created the Institute for Disaster Research. He appointed Dr. Joseph E. Minor as the first Director for the Institute. In order to keep the group and their activities going, Joe Minor "led the charge" in organizing their efforts and acquiring sponsorship from the National Science Foundation in 1971 to fund future research. This research group became organized to give visibility to their efforts and to serve as the focal point for coordinating research activity at Texas Tech. The research and extension activities in this program became the Institute for Disaster Research (IDR), upon formal designation by the College of Engineering in 1972. The major objectives of the IDR over the next sixteen years were to perform basic research on the interaction of wind on the built structures in our environment and, second, to disseminate this information for use in engineering professional practice. A third objective of the IDR was to bring together research from various disciplines on the Texas Tech campus; professors from disciplines such as atmospheric science, sociology, economics, computer science, electrical engineering, mathematics, and mass communications often became involved with IDR research.

Today IDR serves as the nucleus for the planning and promotion of research and the dissemination of research findings to the professional engineering community as well as the general public. While their early studies concentrated on the effects of tornadoes on structures from an engineering perspective, the research scope has broadened to include other types of windstorms, wind damage to window glass, and design criteria for building codes and standards.

Sin mucha providencia sobre adonde la información los iba a llevar, este equipo joven de especialistas escribió los Informes usando las fotografías, las descripciones de palabras del colapso y las formas de deterioros de muchas de las construcciones dañadas en Lubbock después de la devastadora tormenta. Este programa de investigación que originalmente fue conocido como el University Program in Disaster Research, trabajó con los efectos de los peligros naturales en los sistemas sociales. Sus esfuerzos contribuyeron para un informe producido por el National Academy of Engineering por medio de un equipo dirigido por el Doctor J. Neils Thompson de University of Texas en Austin. Sin embargo, el cuerpo docente de Texas Tech escribió un más amplio informe que trataba del daño de la construcción. Esta información fue una gran contribución para el conocimiento basado en el hecho de que fue el informe más completo producido a la fecha en el daño del viento a las estructuras.

En 1971, el Institute for Disaster Research fue creado desde el University Program in Disaster Research por el Doctor Orlo Childs quien en ese tiempo era el Vice Presidente de Research. El nombró al Doctor Joseph E. Minor como el primer Director del Institute. Para mantener el grupo y sus actividades en marcha, Joe Minor, "estuvo a cargo" en la organización de sus esfuerzos y en el obtenimiento del patrocinamiento del National Science Foundation en 1971 para respaldar una futura investigación. Este grupo de investigadores se organizó para dar visibilidad a sus esfuerzos y para servir como punto centro a la coordinación de la actividad de investigación en Texas Tech. La investigación y la extensión de las actividades en este programa, llegó a ser el Institute for Disaster Research (IDR), con la designación formal del College of Engineering en 1972. Los objetivos más importantes del Institute for Disaster Research durante los próximos 16 años fueron hacer una investigación fundamental en la interacción del viento sobre las estructuras construidas a nuestro alrededor, y luego difundir esta información para el uso de la práctica en la ingeniería profesional. Un tercer objetivo del IDR fue traer en conjunto la investigación de varias ciencias en la universidad de Texas Tech; los profesores de las disciplinas tales como la ciencia atmosférica, sociología, economía, computación, ingeniería eléctrica, ingeniería mecánica, ingeniería industrial, matemáticas, y el estudio de las comunicaciones a menudo participaron con la investigación del IDR.

1972

- Institute for Disaster Research developed capability for tornado hazard assessment
- Institute for Disaster Research formally designated by College of Engineering

Most recently, research efforts have been concentrated on the mitigation of wind damage to housing and other low-rise buildings. Research capabilities of the staff include boundary layer wind characteristics, wind measurements, fluid dynamics, site specific hazard assessments, evaluation of existing structures for wind resistance, field surveys, analysis of damaged structures, recommended standards for practice for wind-resistant design, shelters for occupant protection, economic evaluation of mitigation strategies, tornado-generated missile impact on timber, steel, concrete or masonry construction, and mitigation of hurricane damage to coastal communities.

Over the past 25 years, IDR personnel have conducted more than 75 on-site documentations of wind-induced damage. Documentation data and publications related to wind engineering are in an organized data base. IDR houses one of the most extensive libraries on wind engineering subjects in the world. Approximately 10,000 photographs and 3,000 specialized publications constitute a significant resource for studies in wind engineering. These files often provide background information for short courses and seminars, conducting literature searches, and in supporting research endeavors. Today the offices of the IDR are located in the Civil Engineering Building on Tech's campus.

While much has been discovered about wind events and the damage that they cause, there are still many unknowns regarding the wind and its interaction with structures and how damage occurs. These unknowns provide countless opportunities and challenges for researchers at Texas Tech University and young people of today who wish to enter the field of wind engineering.

Hoy el IDR sirve como centro para la planificación y la promoción de la investigación, y de la propagación de los descubrimientos de la investigación a la comunidad de la ingeniería profesional así como al público. Mientras tanto sus primeros estudios se concentraban en los efectos de los tornados en las construcciones desde una perspectiva de la ingeniería, el propósito de la investigación se ha ampliado para incluir a otros tipos de tormentas, daños del viento en el ventanal, y para planear la norma de los códigos y los tipos de construcción. Recientemente, los esfuerzos de la investigación han estado concentrados en la moderación del daño del viento a la vivienda y a otras construcciones de poca altura. Las capacidades de la investigación del personal incluye: las características de los límites de las capas del viento, las medidas del viento, la dinámica de los fluidos, las evaluaciones de peligro en un sitio específico, la evaluación de estructuras existentes para la resistencia del viento, los estudios de terrenos, los análisis de los daños de las construcciones, la recomendación de las reglas para la práctica del diseño para el viento resistente, la protección para los ocupantes de los refugios, la evaluación económica de las estrategias de mitigación, el impacto proyectil que produce el tornado en la madera, en el acero, en el cemento o en el ladrillo, y la moderación del daño del huracán a las comunidades costeras.

A través de los 25 años, el personal del IDR ha recopilado más de 75 series de documentos acerca del daño inducido por el viento. Los datos de la documentación y de la publicaciones relacionadas a la ingeniería del viento están basados en detalles organizados. El IDR posee una de las más extensas bibliotecas en el mundo en asuntos de la ingeniería del viento. Aproximadamente 10,000 fotografías y 3,000 publicaciones especializadas constituyen un significativo medio para los estudios de la ingeniería del viento. Estos archivos con frecuencia proporcionan datos esenciales para cursos cortos y seminarios, para conducir investigaciones escritas, y para apoyar los esfuerzos de la investigación. Hoy las oficinas del IDR están ubicadas en las escuelas de Ingeniería Civil en Texas Tech University.

Mientras bastante se ha descubierto sobre los eventos del viento y de los daños que estos causan, todavía existen muchas cosas desconocidas con respecto al viento y la interacción con las estructuras y de cómo los daños ocurren. Estas cosas desconocidas proveen oportunidades innumerables y desafíos para los investigadores de Texas Tech University, y para la gente joven de hoy quien desea entrar dentro del campo de la ingeniería de viento.

- First wind engineering short course presented



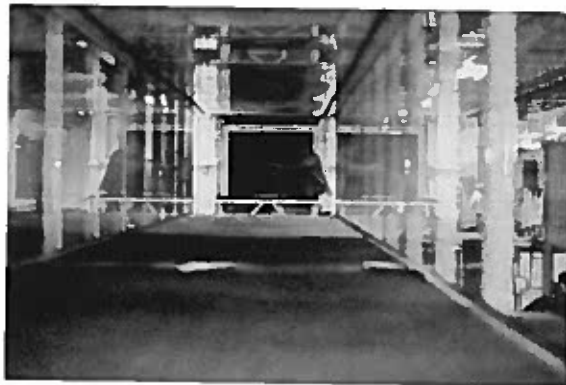
The Window Glass Research and Testing Laboratory

The Window Glass Research and Testing Laboratory (GRTL), is an outgrowth of the IDR and has succeeded in this area of research to the extent that today the program stands on its own merits. Research projects totaling more than \$2.6 million are currently in progress or completed for a wide range of government and industrial sponsors. Interaction of the staff with industry and professional societies plays a key role in placing research results into practice through committees and public service endeavors.

In the 1980s, the Institute tested a method to strengthen glass by placing a layer of laminated plastic between two layers of glass, allowing the first layer of glass to break while the second layer and the plastic divider absorb the impact without shattering.

Another method of preventing excess window breakage during storms, researched by the GRTL, is structural glazing. The method, devised by the Institute for the National Science Foundation, consists of the glass windows to the structure, instead of placing them in a frame.

The general activities of the GRTL involve the investigation and testing of glass and glass-related systems. Projects conducted contribute to the scientific understanding of physical phenomena and provide information that may be employed in engineering applications. A field facility is available for testing blast effects on window glass.



El Window Glass Research and Testing Laboratory

El Window Glass Research Program es un resultado del IDR y ha tenido éxito en esta área de la investigación hasta tal punto que hoy el programa se sostiene con sus propios méritos. Los proyectos de la investigación que están actualmente en marcha o han sido terminados llenan un total de más de \$2.6 millones los cuales han sido donados por una amplia gama de patrocinadores industriales y de gobernación. La interacción de los miembros de la facultad con la industria y con las asociaciones profesionales juega un papel importante poniendo los resultados de la investigación en práctica a través de los esfuerzos de los comités y del servicio público.

En los años de 1980, el Instituto inventó una manera para fortalecer el vidrio poniendo una capa de plástico laminada entre las dos capas de vidrio, permitiendo que la primera capa de vidrio se quebrara mientras que la segunda capa y el plástico divisor absorbieron el impacto sin llegar a romperse.

Otro método para prevenir el exceso de rompimientos de ventanas durante las tormentas, investigado por el GRTL, es el vidrioado ventanal. El método, inventado por el Instituto para el National Science Foundation, consiste de pegar los ventanales a la estructura en vez de ponerlos en el marco.

Las actividades comunes del GRTL comprenden la investigación, la prueba del vidrio y los sistemas relacionados con el vidrio. Los proyectos estudiados contribuyen al entendimiento científico del fenómeno físico y proveen información que puede ser empleada en las aplicaciones de la ingeniería. Una extensión de terreno está disponible para facilitar las pruebas de los efectos de la explosión en el vidrio de ventana.

Left: Dr. Norville and student measure fracture patterns in window glass.

Above: A student working in the Window Glass Research and Testing Laboratory.

1974

- Super outbreak of tornadoes of April 3 - 4, 1974, hits several states. IDR personnel invited to review conference at University of Chicago
- DCPA contract to develop "Interim Guidelines for Designing Shelters in Schools for Tornadoes"
- On Christmas day, Cyclone Tracy strikes the town of Darwin, Australia
- First support from U. S. Nuclear Regulatory Commission



D

Development of the Wind Engineering Research Center

In September 1988, the Wind Engineering Research Center (WERC), organized primarily through the efforts of Dr. Kishor Mehta, was established to merge existing wind engineering research and promote university-wide multidisciplinary research, by involving over 30 Texas Tech faculty members representing 11 academic departments in the Colleges of Engineering, Architecture and Arts and Sciences. WERC has since become a viable entity, separate from the IDR, and received significant funding from the National Science Foundation for a cooperative five year (1989-1994) wind engineering project with Colorado State University at Fort Collins, Colorado, that focuses on several research tasks in wind engineering.

The cooperative research program is an experiment in cross-department, cross-discipline, and cross-university research efforts. The co-principal investigators from civil, mechanical, chemical engineering and atmospheric science work together to coordinate research between the two institutions in each task and compare research between the tasks.

The program is guided by an external Technology Assessment and Advisory Council consisting of nine volunteers representing wind engineers, meteorologists, practicing professionals and individuals from the roofing, building and insurance industries who assist in reviewing research as well as in technology transfer.

During the past five years, the program made many contributions to building infrastructure research including 150 publications, 35 graduate degrees and participation by 21 U.S. visitors, 35 international visitors, and 49 Research Experience for Undergraduates opportunities. Some of the tangible practice-oriented contributions include development of a new 3-second gust design wind speed map, upgrading of internal pressure coefficients in revision of the national wind load standard, development of a computer model to assess uplift of roofs, establishment of a field wind research laboratory and the development of software for the insurance industry. This program has tackled eight tasks that cover wind loads on low buildings, building ventilation, building roofing

Desarrollo del Wind Engineering Research Center

En septiembre de 1988, el Wind Engineering Research Center (WERC), principalmente organizado por la perseverancia del Doctor Kishor Mehta, fue establecido para difundir la existente investigación de la ingeniería del viento y para promover una investigación multidisciplinaria a lo largo de la universidad, incluyendo a más de 30 miembros de la facultad de Texas Tech que representan a 11 departamentos académicos de las Facultades de Ingeniería, Arquitectura y Ciencias y Letras. El Wind Engineering Research Center desde ese entonces ha llegado a ser una entidad viable, separada del IDR, y recibió fondos importantes del National Science Foundation para una colaboración de cinco años (1989-1994). Esta colaboración consiste en un proyecto de ingeniería del viento con Colorado State University en Fort Collins, Colorado, la cual se concentra en diversas tareas de la investigación en la ingeniería del viento.

Este programa de investigación es un experimento cooperativo de diferentes departamentos, de distintas disciplinas, y de los esfuerzos de investigación de varias universidades. Los investigadores principales de Ingeniería Civil, Mecánica y Química, y de Ciencia Atmosférica trabajaron juntos para coordinar la investigación entre las dos instituciones en cada labor y cooperar con la investigación entre las faenas.

Guiada desde su inicio por Technology Assessment y Advisory Council, el programa consistía de nueve voluntarios que representaban a los ingenieros del viento, a los meteorólogos, a los profesionales, a los individuos encargados de los techados, a las industrias de construcción y a los seguros quienes prestaron ayuda en el repaso de la investigación como también en la transferencia de tecnología.

Durante los últimos cinco años, el programa ha hecho numerosas contribuciones a la investigación de la construcción de infraestructura; éstas incluyen 150 publicaciones, 35 graduados, la participación de 21 visitantes de los Estados Unidos, 35 visitantes

Left: Typical destruction of a residence. Note that the roof in the foreground is still in one piece on the ground, and the tree is completely stripped including part of the bark. (Photo courtesy of the Lubbock Avalanche Journal)

1975

- DCPA contract to define mobile home problem
- First AEC/NRC contract—major contract on tornadoes
- Construction of Kiesling demonstration home and in-residence shelters

studies, nonboundary layer wind, structural glazing, prediction of extreme winds, numerical modeling of air flow, and wind erosion. The first 5-year phase of the program is complete. A second 5-year effort was recently approved by the National Science Foundation.

WERC has participated in other research in the past, including the design of roofing and buildings to withstand hurricanes and tornadoes, the study of soil erosion, gust effects on transport vehicles such as trucks and vans, vibration of traffic light structures, an expert system to predict wind damage, computational fluid dynamics, and many other projects. Funding of wind engineering research is provided by numerous external organizations such as the National Science Foundation (which also funds the cooperative program in wind engineering), Ford Motor Company, Lawrence Livermore National Laboratory, Chrysler Motor Company, U.S. Army Corps of Engineers, Metal Building Manufacturers Association, Insurance Institute for Property Loss Reduction, the State of Texas, and others. In addition, enhancement funding from Texas Tech has been granted in recognition of program excellence.

internacionales, y 49 oportunidades para Research Experience for Undergraduates. Algunas de las contribuciones beneficiosas incluyen: el desarrollo de un nuevo mapa de diseño de viento de rapidez de tres segundos, el mejoramiento de los coeficientes de la presión interna en la revisión de la norma nacional, el desarrollo de un modelo de computadora para determinar el levantamiento de los techos, el establecimiento de un terreno que se usa como laboratorio para la investigación del viento y el desarrollo del software para la industria del seguro. Este programa ha abordado ocho tareas que cubre: las presiones del viento en las construcciones de poca altura, la ventilación de las viviendas, los estudios de la construcción del techado, el viento sin tener límites, el trabajo de la vidriería estructural, la predicción de vientos extremados, la presentación numérica del flujo del aire, y la erosión del viento. La primera etapa del programa de 5 años está terminada. Una segunda etapa de 5 años recientemente ha sido aprobada por el National Science Foundation.

Otra investigación que el WERC ha participado en los últimos siete años incluye: el diseño del techado y de las construcciones para que resistan a los huracanes y a los tornados, el estudio de la erosión del suelo, los efectos de las rachas de vientos en los vehículos de transporte tales como camiones y furgones, la vibración de las estructuras de los semáforos, un sistema experto para que pronostique el daño del viento, los cálculos de las dinámicas de los fluidos, y varios otros proyectos. Los medios de la investigación de la ingeniería del viento son proporcionados por numerosas organizaciones externas tales como: National Science Foundation (el cual provee fondos para el programa cooperativo en la ingeniería del viento), Ford Motor Company, Lawrence Livermore National Laboratory, Chrysler Motor Company, U.S. Army Corps of Engineers, Metal Building Manufacturers Association, Insurance Institute for Property Loss Reduction, el Estado de Texas, y otras. Además han sido otorgados algunos fondos internos de Texas Tech.

Members of the Wind Engineering Research Center

DR. RICHARD E. PETERSON



Richard E. Peterson

Dr. Peterson was born and raised in Kansas City. He graduated in 1963 with a degree in physics from the California Institute of Technology. While there he shifted his studies from his childhood interest of astronomy to meteorology (atmospheric science), probably due to his father's influence along with the fact that he grew up in the middle of "tornado alley." From California, he traveled to the University of Chicago and in 1965

received his Master of Science in geophysical sciences, writing his thesis on Martian duststorms.

Dr. Peterson then took a job in the booming Southern California aerospace industry as a planetary meteorologist, to help the firm bid on the Mars Viking spacecraft. During that time he married Rebecca J. Tobin, another Kansas City native. After 15 months he and his wife returned to the University of Chicago to continue his work on the study of planetary atmospheres. However, the professors there dissuaded him from continuing his research. That fact, along with riots, pollution, and other problems that plague large cities, led to a move to the University of Missouri.

[At the University of Missouri] he became interested in severe weather and wrote his dissertation on the low-level jet (strong winds in the lowest 1000 feet that often play a role in storm development).

There, he became interested in severe weather and wrote his dissertation on the low-level jet (strong winds in the lowest 1000 feet that often play a role in storm development). After graduation, in May 1971, Dr. Peterson, his wife and young son David moved to the Oslo, Norway, University Institute for Geophysics,

Miembros del Wind Engineering Research Center

DOCTOR RICHARD E. PETERSON

El Doctor Peterson nació y creció en Kansas City. El se graduó en 1963 con mención en física del California Institute of Technology. Mientras tanto él estaba allí, él cambió su interés que había tenido desde su niñez de estudiar astronomía la cual la cambió por la meteorología (ciencia atmosférica), probablemente éste cambio se debió a la influencia de su padre junto con el hecho que él había crecido en el centro del "tornado alley" (región donde ocurren muchos tornados). Desde California él viajó a la University of Chicago, y en 1965 recibió su Master of Science en las ciencias de la geofísica, él escribió su tesis en las tempestades de polvo en el planeta Marte.

El Doctor Peterson después trabajó en la floreciente industria aeroespacial del Southern California como meteorólogo planetario, para ayudar a la firma en la propuesta de la nave espacial Mars Viking. Durante ese tiempo, él se casó con Rebecca J. Tobin quien era también originaria de Kansas City. Después de 15 meses él y su esposa regresaron a la University of Chicago para continuar su trabajo en el estudio de las atmósferas planetarias. Sin embargo, ahí los profesores lo disuadieron de que no continuara con su investigación. Por ese motivo, junto con los disturbios, la contaminación ambiental, y otros problemas que plagaron a las ciudades grandes, lo condujeron a cambiarse a la University of Missouri.

[En la University of Missouri] ahí, él se interesó en el riguroso tiempo meteorológico y escribió su disertación en el low-level-jet (vientos fuertes bajo los 1.000 pies que a menudo juegan un papel importante en el desarrollo de una tormenta).

Ahí, él se interesó en el riguroso tiempo meteorológico y escribió su disertación en el low-level-jet (vientos fuertes bajo

- Published significant report for NSSL, "The Tornado: An Engineering-Oriented Perspective" (NSSL-82)

for a year on a NATO post-doctoral grant. Their daughter Kristin was born shortly after their arrival. Dr. Peterson's proposal was to try to develop an explanation for the Low-Level Jet, the subject of his dissertation.

After his post-doctoral study in Norway and a position at Purdue University, a faculty position at Texas Tech became available. Although at the time he took this position he knew nothing about IDR or its work, he looked forward to the prospect of being at the "doorway to the West," and in an area where severe weather offers some interesting aspects. When Dr. Peterson first arrived at Texas Tech, IDR was already one year old and functioning. During that first year he attended a workshop presented by the engineers that led to his collaboration on damage investigations and other research areas. Through association with IDR he received several years funding from the Nuclear Regulatory Commission to study various aspects of tornadoes. He received a promotion, after four years, to Associate Professor and was promoted to full professor about four years after that. In 1975 the Peterson's second daughter Karin was born.

Around 1988 Dr. Peterson became chair of the Atmospheric Science Group (a semi-independent part of the Department of Geosciences). In 1991 this group folded back into Geosciences with Dr. Peterson as Chair. His research (mostly represented in theses done by graduate students) has dealt with thunderstorms, tornadoes, hurricanes, duststorms, the history of meteorology and surface layer winds. These are increasingly becoming areas of study related to the Wind Engineering Research Center and are often pursued in their research.

los 1.000 pies que a menudo juegan un papel importante en el desarrollo de una tormenta). Después de la graduación que fue en mayo de 1971, el Doctor Peterson con su esposa y su hijo menor, David, se cambiaron a Oslo, Noruega. Allí, asistió él a la University Institute for Geophysics, y por un año estuvo en un posdoctorado en la NATO. Su hija, Kristin, nació poco después de haber llegado a ese lugar. La propuesta del Doctor Peterson era de tratar de desarrollar una explicación para el Low-Level-Jet, el cual fue el tema de su disertación.

Después de su posdoctorado en Noruega y de su cargo en Purdue University, había un puesto disponible en la universidad de Texas Tech. Aunque al tiempo de aceptar este puesto, él no sabía nada acerca del IDR o del trabajo de éste, él esperaba con interés la perspectiva de estar en la "doorway to the West" (entrada al oeste), y en un área donde el severo tiempo meteorológico ofrecía algunos aspectos interesantes. Cuando el Doctor Peterson llegó por primera vez a Texas Tech University, el IDR ya tenía un año y estaba funcionando. Durante ese primer año, él asistió a seminarios que fueron presentados por los ingenieros que lo condujeron a su colaboración en las investigaciones de los daños y a otras áreas de investigación. Por medio de la asociación con el IDR, él recibió fondos por varios años del Nuclear Regulatory Commission para estudiar varios aspectos de los tornados. Él recibió un ascenso, después de cuatro años él pasó a ser Associate Professor y fue promovido a Full Professor cerca de cuatro años después. En 1975 a los Peterson les nació una segunda hija, Karin.

Alrededor de 1988, el Doctor Peterson llegó a ser presidente del Atmospheric Science Group (una parte del Department of Geosciences que es semi-independiente). En 1991 este grupo volvió al Geosciences con él como presidente. Su investigación (en su mayor parte que está representada por las tesis que los estudiantes graduados han escrito) ha tenido que ver con los truenos, los tornados, los huracanes, las tempestades de polvo, la historia de la meteorología y las capas superficiales de los vientos. Estas áreas están en aumento, llegando a ser ámbitos de estudios que están relacionadas al Wind Engineering Research Center y que a menudo son estudiadas en sus investigaciones.

1978

- Dr. Joseph Minor takes a sabbatical in Australia as a Fulbright Senior Scholar to assess Australian natural hazards management
- Grand Gulf, Mississippi Nuclear Power Plant hit by tornado
- Dr. Kishor Mehta appears on the television show "To Tell the Truth," providing national public recognition of wind engineering research

DR. ERNST W. KIESLING



Ernst W. Kiesling

Dr. Ernst W. Kiesling is a native Texan, born and raised on a farm in the San Angelo area. He graduated from San Angelo High School in 1951 and attended San Angelo College, a junior college at the time. In 1953 he entered Texas Tech University, and earned a Bachelor of Science in Mechanical Engineering in 1955. After a brief tenure as an engineering trainee with a pipeline company, he returned to Texas Tech as an instructor of civil

engineering, teaching primarily engineering mechanics courses to undergraduates since, at that time, no graduate program existed.

After teaching for two and a half years he left for one year to earn a Master of Science degree in Applied Mechanics from Michigan State University, then returned to Texas Tech as an Assistant Professor of Civil Engineering in 1959. After teaching for four years, Dr. Kiesling received a National Science Foundation Faculty Fellowship to work toward a doctoral degree at Michigan State University. There he completed his Ph. D. Degree in Applied Mechanics in 1966 and became a Senior Research Engineer at Southwest Research Institute in San Antonio, Texas. It was there that he became acquainted and began to work closely with Joe Minor.

[Dr. Kiesling's] appointment [as chairman of Civil Engineering] seemed to him to be a clear mandate to build a research program to become part of the Civil Engineering graduate program that was approved at Texas Tech.

Dr. Kiesling began his appointment as Chairman of the Civil Engineering Department at Texas Tech on June 1, 1969. His appointment seemed to him to be a clear mandate to build a research program to become part of the Civil Engineering graduate program that was approved at Texas Tech.

DOCTOR ERNST W. KIESLING

El Doctor Ernst W. Kiesling es un nativo de Texas, nació y creció en una finca en el área de San Angelo. El se graduó en el San Angelo High School en 1951 y asistió a San Angelo College, en ese entonces era una escuela semisuperior. En 1953 él ingresó a Texas Tech University y en 1955 recibió su título de Bachelor of Science en Ingeniería Mecánica.

Después de un breve cargo como aprendiz en ingeniería con una compañía de tuberías, él volvió a Texas Tech como profesor de ingeniería civil en la cual enseñaba principalmente cursos de ingeniería mecánica a los estudiantes undergraduados — ya que en ese entonces no existía un programa para los estudiantes graduados.

Después de haber enseñado por dos años y medio, él se fue por un año para obtener su Master of Science con mención en Applied Mechanics de Michigan State University. El regresó a Texas Tech en 1959 como Assistant Professor de la Facultad de Ingeniería Civil. Después de haber enseñado por cuatro años, el Doctor Kiesling recibió una beca del National Science Foundation Faculty Fellowship para estudiar un doctorado en Michigan State University. Ahí, él terminó en 1966 su doctorado en Applied Mechanics y durante ese tiempo él llegó a ser un Senior Research Engineer en Southwest Research Institute en San Antonio, Texas. Fue entonces allí donde él llegó a familiarizarse y empezó a trabajar de muy cerca con Joe Minor.

Su puesto le parecía a él ser un claro mandato para formar un programa de investigación que llegara a ser parte del programa de los estudiantes graduados de la Facultad de Ingeniería Civil que luego fue aprobado en Texas Tech.

El Doctor Kiesling comenzó el primero de junio de 1969 su nombramiento como presidente de la Facultad de Ingeniería Civil en Texas Tech. Su puesto le parecía a él ser un claro mandato para formar un programa de investigación que llegara a ser parte del programa de los estudiantes graduados de la Facultad de Ingeniería Civil que luego fue aprobado en Texas Tech.

- Tornado strikes Bossier City, Louisiana
- Tornado strikes Wichita Falls, Texas
- Hurricane Frederic hits Mobile, Alabama
- Dr. Kishor Mehta invited to participate in a workshop in Moscow

DR. JOSEPH E. MINOR



Joseph E. Minor

Dr. Joseph E. Minor graduated from Texas A&M University in 1959 (BS) and again in 1960 (MS). Following two years of service with the U.S. Army Corps of Engineers, he joined the Southwest Research Institute in San Antonio, Texas as a Research Engineer. It was during his seven years in San Antonio that he met Dr. Ernst W. Kiesling who was appointed Chairman of Civil Engineering at Texas Tech in 1969. Dr. Kiesling offered Mr. Minor a position at Texas Tech as a Research Associate that he accepted. The position was a full-time position that allowed him to pursue his Ph.D. degree, which he completed in 1974.

In 1971, a year after the Lubbock tornado, the Institute for Disaster Research was created by Dr. Orlo Childs, who was at the time Vice President for Research at Texas Tech University.

Dr. Minor was appointed as the first Director of the Institute for Disaster Research in 1971. The Research Center began by surveying severely damaged storm areas and the effects of extreme winds on buildings. Dr. Minor served in this capacity until 1988 when he resigned to accept a position as Chairman of the Department of Civil Engineering at the University of Missouri-Rolla.

Dr. Minor believes that the Wind Engineering exhibition...can help the Wind Engineering Program achieve yet another level of excellence.

Dr. Minor hopes that the Wind Engineering Research Center can become an international center of excellence. Possible roles include the management of a wind damage mitigation program for the insurance industry and/or a government agency, and/or a state agency, such as the State of Texas.

Dr. Minor believes that the Wind Engineering exhibition is very timely in that its appearance can help the Wind Engineering Research Center to achieve yet another level of excellence. Two major results that he believes can be achieved are: 1) The people of Lubbock can appreciate the value of research and can understand better the contributions being made by the University to the people of the State of Texas, and 2) The historical record

DOCTOR JOSEPH E. MINOR

El Doctor Joseph E. Minor obtuvo su Bachelor of Science de Texas A&M University en 1959 y en 1960 se graduó con un Master of Science. Después de dos años de servicio con el U.S. Army Corps of Engineers, él se asoció al Southwest Research Institute en San Antonio, Texas, como Research Engineer. Fue durante sus siete años en San Antonio que él conoció al Doctor Ernst W. Kiesling el cual fue nombrado presidente de la Facultad de Ingeniería Civil en Texas Tech en 1969. El Doctor Kiesling le ofreció al Señor Minor un puesto en Texas Tech como Research Associate, el cual él aceptó. Este cargo le permitió seguir sus estudios para obtener su doctorado, el cual lo obtuvo en 1974.

En 1971, un año después del tornado de Lubbock, el Institute for Disaster Research fue creado por el Doctor Orlo Childs quien en ese tiempo era el Vicepresidente de Research en Texas Tech University. El Doctor Minor fue nombrado en 1971 como el primer Director del Institute for Disaster Research. El Research Center empezó por examinar las áreas dañadas severamente por la tormenta y los efectos de los extremados vientos en las viviendas. El Doctor Minor sirvió en este empleo hasta 1988 cuando él renunció para aceptar un puesto como Presidente de la Facultad de Ingeniería Civil en University of Missouri-Rolla.

El Doctor Minor siente que la exhibición del Wind Engineering es muy oportuna ya que su aparición puede prestar ayuda al Wind Engineering Program para llevar a cabo aún otro nivel de excelencia.

El Doctor Minor durante su período como director del Institute of Disaster Research fue nombrado Associate Professor en 1978, Full Professor en 1982 y D.M. Horne Professor en 1984. En 1984 él junto con los Doctores H.S. Norville, M.L. Smith y C.V.G. Vallabhan, establecieron el Glass Research y el Testing Laboratory en Texas Tech University.

El Doctor Minor espera que el Wind Engineering Research Center pueda llegar a ser un centro internacional de excelencia. Los posibles desempeños de este centro incluyen el manejo de un programa de mitigación del daño de viento para la compañía de seguro y o una agencia de gobierno, y o una agencia de estado tal como el Estado de Texas.

1980

- First NSF grant on field site established the concept of a full scale test facility
- Window Glass Testing Laboratory established
- Dr. Kishor Mehta appointed chairman of ANSI A.58 Wind Load Subcommittee providing an opportunity for Texas Tech University's researchers to influence national wind load standards
- Analysis of Bossier City, Louisiana tornado missiles
- Tornado strikes Kalamazoo, Michigan

assembled by the Wind Engineering Exhibition Catalog can assist wind engineering program leaders in planning and promoting future wind engineering activities, which will lead to even greater achievements.

DR. JAMES R. McDONALD



James McDonald

Dr. Jim McDonald was born in Megargel, Texas in 1934 on a farm owned by his grandparents. When he was about seven years old, his family moved to Dallas, and then a year later moved to Wichita Falls, where he attended elementary and junior high school. He graduated from Concordia Lutheran High School in Austin, Texas in a pre-ministerial program. During high school, however, it became clear to him that his inter-

ests were in math, science and engineering, and after his graduation in 1953, he enrolled in Texas Tech University with a major in Petroleum Engineering.

During his junior year at Tech, he obtained a part time job with a steel fabricating company in Lubbock. The experience left him convinced that structural engineering was his true calling. Nevertheless, he completed his studies in Petroleum Engineering and graduated in 1958.

At that time, jobs in the oil industry were few and far between. Professor J.H. Murdough offered him a position as Instructor in the Department of Civil Engineering in the fall of 1958. He held the position for two years and decided to attend graduate school with a major in structural engineering. In the fall of 1960, Purdue University offered him a graduate teaching assistantship. There he completed his MSCE in the summer of 1961 and enrolled for a Ph.D. in the fall. He was then appointed as an Instructor of Engineering Graphics.

In January of 1966 Dr. McDonald was essentially finished with his dissertation and class work for his Ph.D. when Dr. Keith Mornian, who became chairman of Civil Engineering after Professor Murdough retired, offered him a position on the faculty at Texas Tech beginning in the spring of 1966. The Civil Engineering Department was in the process of converting from an under-

El Doctor Minor siente que la exhibición del Wind Engineering es muy oportuna ya que su aparición puede prestar ayuda al Wind Engineering Program para llevar a cabo aún otro nivel de excelencia. Dos resultados principales que él cree que pueden ser ejecutados son: 1) La gente de Lubbock puede apreciar el valor de la investigación y puede entender mejor las contribuciones hechas por la universidad a las personas del Estado de Texas. 2) La anotación histórica reunida por el Wind Engineering Exhibition Catalog puede prestar ayuda a los líderes de Wind Engineering Program en planear y promover actividades futuras de la ingeniería del viento, el cual guiará aún a mayores logros.

DOCTOR JAMES R. McDONALD

El Doctor Jim McDonald nació en Megargel, Texas en 1934 en una finca perteneciente a sus abuelos. Cuando él tenía alrededor de siete años, su familia se cambió a Dallas, y luego un año más tarde a Wichita Falls donde él asistió a la escuela primaria y secundaria inferior. Él se graduó de Concordia Lutheran High School en Austin, Texas, en un programa pre-ministerial. Sin embargo, durante la secundaria llegó a serle claro que sus intereses eran las matemáticas, las ciencias naturales e la ingeniería, y después de su graduación en 1953, él se inscribió en Texas Tech University en la especialización de Ingeniería Petrolera.

Durante su tercer año en Tech, él trabajó medio tiempo para una compañía de fabricación de acero en Lubbock. La experiencia del trabajo lo dejó convencido que la ingeniería estructural era su verdadero llamado. Sin embargo, él terminó sus estudios en Ingeniería Petrolera y se graduó en 1958.

En ese tiempo, los trabajos en la industria petrolera eran escasos. El Professor J. H. Murdough le ofreció un puesto como profesor en el Departamento de Ingeniería Civil en el semestre del otoño de 1958. Él ocupó el puesto por dos años, y decidió ir a la escuela graduada para especializarse en la ingeniería estructural. En el otoño de 1960, Purdue University le ofreció una ayudantía. En el verano de 1961, él ahí terminó su MSCE y se matriculó para continuar su doctorado en el otoño. Luego lo nombraron Instructor of Engineering Graphics.

- Report for National Academy of Engineering on Kalamazoo, Michigan tornado
- Dr. Kishor Mehta appointed to the Committee on Natural Disaster, National Research Council

graduate education program to a graduate and research program, and Dr. McDonald saw this as an opportunity to get in at the ground floor of a new and exciting program.

Dr. Kishor Mehta also joined Texas Tech about this time. Together they designed the Structural Testing Lab facility, which was completed in 1969. They had a vision of performing experimental testing of structures in areas of concrete and steel.

Then, on May 11, 1970, the Lubbock tornado changed their lives forever. They saw a unique opportunity to use their knowledge in structural engineering to study the effects of tornadoes on buildings and structures. Dr. McDonald participated in the initial damage investigation and analysis after the storm. When IDR was formally organized, he then participated as active faculty.

At the time of the Lubbock tornado, the engineering team at Texas Tech was struggling for name recognition. Having a formal institute not only provided the name recognition that was needed but also encouraged faculty and students from disciplines other than Civil Engineering to be involved with the projects.

Dr. Minor, who also joined the Civil Engineering faculty, had considerable experience in promoting research funding as well as conducting research. The three of them, (Dr. Mehta, Dr. Minor, and Dr. McDonald) formed a research team that has been successful for twenty-five years.

Today, the major task of the Institute for Disaster Research and Wind Engineering Research Center is still mitigation of wind damage to buildings and structures. They have most of the technical knowledge to make improvements in the performance of buildings located in high wind areas.

McDonald believes that the research centers must find ways to transfer the technology to engineers, contractors and the general public, so this information can be put into practice.

McDonald believes that the research centers must find ways to transfer the technology to engineers, contractors and the general public, so this information can be put into practice. He believes that this goal can be accomplished by working with the insurance, construction and roofing industries, as well as by educating our students and the general public.

En enero de 1966, el Doctor McDonald ya había terminado con su disertación y clases para su doctorado cuando el Doctor Keith Mornian quien llegó a ser presidente del Departamento de Ingeniería Civil después que el Professor Murdough jubilara, le ofreció un puesto en el cuerpo docente de Texas Tech a comienzos de la primavera de 1966. El Departamento de Ingeniería Civil estaba en el proceso de cambiar el programa de educación de estudiantes no graduados a un programa de estudiantes graduados y a un programa de investigación, y el Doctor McDonald vio esto como una oportunidad de poder empezar desde el comienzo un nuevo y estimulante programa.

El Doctor Kishor Mehta también se incorporó a Texas Tech alrededor de esta época. Juntos diseñaron Structural Testing Lab el cual fue concluido en 1969. Ellos tenían una visión de hacer pruebas de estructuras en áreas de cemento y acero.

El 11 de mayo de 1970, el tornado de Lubbock cambió para siempre sus vidas. Ellos vieron una oportunidad única para utilizar sus conocimientos en la ingeniería estructural para estudiar los efectos de los tornados en las viviendas y estructuras. El Doctor McDonald participó en la primera investigación del daño y análisis después él participó como miembro activo de la facultad.

Cuando sucedió el tornado de Lubbock, el equipo de ingeniería en Texas Tech estaba esforzándose para darse a conocer. Teniendo un grupo formal no sólo le dio un nombre de reconocimiento que necesitaba, pero también animó a los miembros de la facultad y a los estudiantes de otras ciencias fuera de la Ingeniería Civil para estar envueltos con los proyectos.

El Doctor Minor quien también se incorporó al cuerpo docente de la Facultad de Ingeniería Civil ha tenido considerables experiencias en promover los fondos para la investigación como también en la dirección de la investigación. Los tres doctores: Mehta, Minor y McDonald formaron un equipo de investigación que ha tenido éxito por veinticinco años.

Hoy día, la tarea más grande del Institute for Disaster Research y el Wind Engineering Research Center es todavía la mitigación del daño de viento a las viviendas y estructuras. Ellos poseen la mayor parte del conocimiento técnico para hacer perfeccionamientos en el desempeño de las viviendas que están ubicadas en las áreas de altos vientos.

- Presented several papers at the Twelfth Conference on Severe Local Storms held in San Antonio, Texas
- Wind load subcommittee under the chairmanship of Dr. Kishor Mehta developed national standard ANSI A58-1-1982

Dr. McDonald hopes that the exhibition will show the Lubbock community what has been accomplished in the field during the last twenty-five years, and will give them a clear indication of what research is about in a university.

DR. DOUGLAS A. SMITH



Douglas Smith

Dr. Doug Smith was born in Belen, New Mexico. His father worked for Santa Fe Railroad as the Superintendent of the mobile rail welding plant. The rail welding plant fabricated continuous welded rail. Whenever Santa Fe Railroad needed continuous rail, the family moved. They lived in converted Pullman cars, not too different from mobile homes except they were on the railroad. Before he was 16 years old he had lived in well over

10 states and 40 towns or cities. His family finally became semi-permanent when his father became supervisor of the Santa Fe Railroad shops in Albuquerque, New Mexico when Dr. Smith was 16. He graduated from Manzano high school in Albuquerque in 1972, and attended the University of New Mexico for one year.

In 1973 his family moved to Amarillo, Texas when his father became supervisor of the centralized rail welding plant. He attended Amarillo College for one year before transferring to Texas Tech. During the summers after he graduated from high school he worked on various commercial construction projects and on bridges for the railroad. As a result, he became interested in engineering. In 1975 he entered the Civil Engineering Department at Texas Tech to pursue this interest. In this year, he married Pamela Kae Tueton. Today, the couple has two sons, Jason and Joshua.

El Doctor McDonald cree que los centros de investigación deben de encontrar la forma de traspasar la tecnología a los ingenieros, contratistas y al público en general, así esta información se puede poner en práctica.

El Doctor McDonald cree que los centros de investigación deben de encontrar la forma de traspasar la tecnología a los ingenieros, contratistas y al público en general, así esta información se puede poner en práctica. El cree que esta meta puede ser realizada trabajando con la compañía de seguros, las industrias de construcción y techumbre, como también educando a nuestros estudiantes y al público en general.

Doctor McDonald espera que la exhibición mostrará a la gente de Lubbock lo que se ha logrado en el ramo durante los últimos veinticinco años, y que les dará a ellos una clara indicación de lo que es la investigación en una universidad.

DOCTOR DOUGLAS A. SMITH

El Doctor Doug Smith nació en Belén, Nuevo México. Su padre trabajó para Santa Fe Railroad como superintendente del móvil rail welding plant. La fábrica móvil de soldadura de carriles construía ininterrumpidos soldados carriles. Cada vez que Santa Fe necesitaba carriles ininterrumpidos, la familia se cambiaba. Ellos vivían en carros que se transformaban en coche-camas, estos no eran muy diferentes a las casas rodantes con la excepción que ellos estaban en la vía férrea. Antes que él cumpliera los 16 años, él había vivido en mucho más de 10 estados y en 40 pueblos y ciudades. Cuando su familia por fin se volvió semipermanente, su padre llegó a ser supervisor de los talleres de Santa Fe en Albuquerque, Nuevo México, el Doctor Smith tenía 16 años. El se graduó del colegio Manzano en Albuquerque en 1972 y por un año asistió a la University of New Mexico.

En 1973 su familia se cambió a Amarillo, Texas donde su padre llegó a ser supervisor del centralized rail welding plant. El asistió por un año a Amarillo College antes de cambiarse a Texas Tech. Durante los veranos después de haberse graduado del colegio, él trabajó en varios proyectos de construcción comercial y en los puentes para los ferrocarriles. Como resultado de esto, él llegó a interesarse en la ingeniería.

- U.S. Air Force contract awarded for predicting glass breakage from explosions on launch pad at Kennedy Space Center
- IDR hosts National Conference on Wind Engineering
- IDR featured on PBS television show "NOVA"
- IDR featured on television show "20/20"
- Glass Research and Testing Lab established by TTU Board of Regents; Joseph Minor appointed as director

Dr. Smith earned his undergraduate degree in 1977 and a Master's degree in 1979. He became involved with the Institute for Disaster Research while he was still an undergraduate. IDR had an on-going project with the Nuclear Regulatory Commission to evaluate plutonium fabrication plants and predict damage to the facility if they were struck by a high wind event such as a tornado. The damage prediction for each plant was then used to establish whether or not plutonium would be released from the plant, and what the effects on the surrounding population would be. This work culminated in his Master's thesis, "Procedure for Predicting Wind-Induced Damage to Buildings."

Upon graduation he went to work for Southwestern Public Service Company in their generation plant design department. He worked for SPS/UE for approximately 10 years and held positions starting at structural engineer through senior structural engineer. He was acting Lead Structural Engineer for the J.K. Spruce Power Plant that was built in San Antonio, Texas, when he decided to return to school to complete his formal education.

Dr. Smith returned to Texas Tech University in January 1990 and worked with Drs. Kishor Mehta and Jim McDonald in wind engineering. He received his Ph.D. in May 1993. His research topic for the Ph.D. was "Stochastic Analysis of Wind Data." Upon graduation he accepted a position with the Wind Engineering Research Center at Texas Tech as a Research Associate. In September 1994 he was promoted to Research Assistant Professor, which is the position he is in currently.

Today Dr. Smith is a nationally and internationally known researcher in wind engineering and is a member of the Wind Effects Committee of the American Society of Civil Engineers. He has personally conducted windsorm-induced damage documentation for the Institute for Disaster Research. Along with Drs. Mehta and McDonald he developed an expert system to grade buildings for their wind resistance for the Insurance Institute for Property Loss Reduction and an analytical procedure to predict windsorm-induced damage to buildings. He has directed research on many projects including averaging effects for roof purlins, wind loads on frames, site characterization of the Wind Engineering Research Field Laboratory (WERFL), and integral scales measured at the WERFL. He has developed general time series models for wind flow and is currently extending this research to wind-induced pressures on low-rise buildings. He has responsible charge of data analysis and quality control for the WERFL.

En 1975 él ingresó al Departamento de Ingeniería Civil en Texas Tech para dedicarse a este interés. En ese año, él se casó con Pamela Rae Tueion. Hoy día, la pareja tiene dos hijos, Jason y Joshua.

Dr. Doug Smith recibió su licenciatura en 1977 y su maestría en 1979. Él se comprometió con el Institute for Disaster Research mientras él todavía hacía sus estudios de licenciatura. El IDR tenía un proyecto en marcha con Nuclear Regulatory Commission para evaluar las fábricas que producen plutonio y para predecir el daño al lugar si ellos fueran afectados por un evento de grandes vientos como por ejemplo un tornado. La predicción del daño de cada fábrica fue entonces usada para establecer de todos modos si el plutonio sería liberado de la fábrica, y cuales serían los efectos en los vecindarios cercanos. Su trabajo terminó en su disertación para su maestría, "Procedure for Predicting Wind-Induced Damage to Buildings".

Una vez que se graduó, él fue a trabajar para Southwestern Public Service Company en el departamento de generation plant design. Él trabajó aproximadamente por 10 años para SPS/UE y tuvo puestos empezando como ingeniero estructural hasta tener el más alto rango como ingeniero estructural. Él estaba desempeñando Lead Structural Engineering para la central eléctrica de J.K. que fue construida en San Antonio, Texas, cuando él decidió regresar a la universidad para terminar su doctorado.

El Doctor Smith regresó a Texas Tech University en enero de 1990 y trabajó con los Doctores Kishor Mehta y Jim McDonald en wind engineering, y recibió su doctorado en mayo de 1993. Su tema de la investigación para su doctorado fue, "Stochastic Analysis of Wind Data". Después de la graduación, él aceptó un puesto con el Wind Engineering Research Center en Texas Tech como Research Associate. En septiembre de 1994, él fue promovido a Research Assistant Professor, cuyo puesto él tiene presentemente.

Hoy día, el Doctor Smith es un conocido investigador en la ingeniería del viento tanto nacional como internacional, y es miembro del Wind Effects Committee de American Society of Civil Engineers. Él ha escrito documentos acerca de los daños de vientos de tormentas inducidos para el Institute for Disaster Research. Junto con los Doctores Mehta y McDonald, él desarrolló un sistema perito para clasificar las viviendas por sus resistencias al viento para el Insurance Institute for Property Loss Reduction, y un procedimiento analítico para predecir

- Wind Engineering course introduced into the Civil Engineering graduate curriculum at Texas Tech University
- The Window Glass Research and Testing Laboratory receives a contract from the U. S. Air Force for a project on window glass broken by low-level blast waves (first \$1 million contract)
- Dr. Kishor Mehta appointed Chairman of the Committee on Natural Disaster, National Research Council

[Dr. Smith has] developed general time series models for wind flow and is currently extending this research to wind-induced pressures on low-rise buildings.

Dr. Smith has over 10 years of practical experience in the analysis and design of industrial structures and foundations; particularly those related to power plant construction. He has experience in the design of structures for light industrial and commercial use. He served as a technical consultant for the Texas Panhandle Superconducting Super Collider Project.

In the future, Dr. Smith would like to see the two research centers at Tech take their research and educational efforts to the next higher level, which would mean establishing a center for building envelope research.

Dr. Smith feels that the "Winds of Destruction, Currents of Change" exhibition is a great idea that has been well worth the investment of time and resources. He hopes that it will increase public awareness about wind and wind engineering, and make people aware of and take pride in the prestige of the wind engineering program at Texas Tech University.

DR. KISHOR C. MEHTA



Kishor Mehta

A native of Bombay, India, Dr. Mehta came to the United States in 1954 to study Civil Engineering at the University of Michigan. There, in 1957, he earned his Bachelor of Science in engineering, and in 1958 he earned his Master of Science degree in Civil Engineering from the same university.

After receiving his Ph.D. in structural engineering in 1964 at the University of Texas, Dr. Mehta joined the Texas Tech University faculty as an assistant professor of Civil Engineering. At the time he joined the University there was relatively little research going on, but the department did have a graduate program as well as a very solid undergraduate program. Dr. Mehta saw a natural resource for research here in West Texas: the wind.

los daños de vientos de tormentas inducidos a las viviendas. El ha dirigido investigaciones en varios proyectos los cuales incluye a averaging effects for roof purlins, wind loads on frames, site characterization para el Wind Engineering Research Field Laboratory (WERFL), e Integral Scales medidas en WERFL. El ha desarrollado modelos de tiempo de series para el flujo de viento y está presentemente extendiendo esta investigación a presiones de vientos inducidos a las viviendas de poca altura. El ha estado a cargo del análisis de los datos y del control de calidad para el WERFL.

[Doctor Smith ha] desarrollado modelos de tiempo de series para el flujo del viento y está presentemente extendiendo esta investigación a presiones de vientos inducidos a las viviendas de poca altura.

El Doctor Smith tiene más de 10 años de experiencia en el análisis y en el diseño de los cimientos y estructuras industriales; en particular, esos que están relacionados a la construcción de la central eléctrica. El tiene experiencia en el diseño de las estructuras para la industria liviana y el uso comercial. El sirvió como consejero técnico para Texas Panhandle Superconducting Super Collider Project.

En el futuro, al Doctor Smith le gustaría ver a los dos centros de investigación en Tech para llevar sus esfuerzos de investigación y educativo a un nivel más alto el cual significaría establecer un centro de investigación de cómo el viento viaja alrededor de las viviendas.

Doctor Smith siente que la exhibición de "Winds of Destruction, Currents of Change" es una gran idea y que ha valido bien la pena el tiempo y los recursos empleados. El espera que vaya a aumentar el conocimiento del público acerca del viento y de la ingeniería de viento, y que la gente tenga conciencia y esté orgullosa del prestigio del programa de la ingeniería del viento en Texas Tech University.

DOCTOR KISHOR C. MEHTA

El Doctor Mehta es un nativo de Bombay, India, llegó a los Estados Unidos en 1954 para estudiar Ingeniería Civil en la University of Michigan. En 1957, él ahí recibió su licenciatura en

- The Window Glass Research and Testing Laboratory receives a grant from NSF to study window glass subjected to dynamic loads
- Texas Tech University hosts the Fifth U. S. National Congerence on Wind Engineering
- Dr. Kishor C. Mehta elected president of the Wind Engineering Research Council, Inc.

Dr. Mehta, along with other Civil Engineering faculty members, began the documentation of damage caused by the Lubbock tornado of 1970.

Dr. Mehta, along with other Civil Engineering faculty members, began the documentation of damage caused by the Lubbock tornado of 1970. They saw an opportunity to learn from the damage concerning wind and tornado effects on buildings. After the Lubbock tornado, teams of faculty members surveyed the windstorm damage and submitted it to the National Science Foundation. That document put Texas Tech and the windstorm faculty team in the national limelight and led to the creation of the Institute for Disaster Research.

The team sustained curiosity, research effort, and focus on wind effects on buildings. The desire to pursue research in wind effects such as environmental, soil erosion, and numerical modeling in addition to windstorm effects on a multidisciplinary level led them to establish the Wind Engineering Research Center in 1988.

DR. PARTHA P. SARKAR



Partha P. Sarka

Dr. Partha P. Sarkar joined the engineering faculty as an Assistant Professor in 1992, having received his Ph.D. from Johns Hopkins University. As an active staff member of both IDR and WERC, he brings wind tunnel and structural dynamic expertise to the research programs. Dr. Sarkar has been involved in the metal edge flashing project and a wind tunnel study of a highway bridge. He is applying multi-media formats for transfer of research

results to engineering practice under a special grant from NSF.

Dr. Sarkar feels that the two research centers continue to pursue research that will help to enhance the knowledge of wind flow around buildings and wind-induced loads even further. These

ingeniería, y en 1958 de la misma universidad él obtuvo su Maestría en Ingeniería Civil.

Después de recibir su doctorado en Ingeniería Estructural en 1964 en University of Texas, el Doctor Mehta se incorporó al cuerpo docente de Texas Tech University como Assistant Professor of Civil Engineering. En el tiempo que él se incorporó a la universidad, no había mucha investigación en progreso, pero el departamento tenía un programa para estudiantes graduados como también un programa muy sólido para estudiantes no graduados. El Doctor Mehta observó un recurso natural para hacer investigación aquí en el Oeste de Texas: el viento.

Doctor Mehta junto con otros miembros de la Facultad de Ingeniería Civil empezaron a escribir documentos del daño causado por el tornado de Lubbock en 1970.

Doctor Mehta junto con otros miembros de la Facultad de Ingeniería Civil empezaron a escribir documentos del daño causado por el tornado de Lubbock en 1970. Ellos vieron una oportunidad para aprender del daño de viento y los efectos de los tornados en las viviendas. Después del tornado de Lubbock, equipos formados por miembros de la facultad estudiaron el daño de los vientos de tormentas y lo sometieron al National Science Foundation. Ese documento puso a Texas Tech y al equipo formado por los miembros de la facultad en el realce nacional y le permitió la creación del Institute for Disaster Research.

El equipo mantuvo la curiosidad, el esfuerzo de investigación, y el punto central en los efectos de viento en las viviendas. El deseo de seguir la investigación en los efectos del viento tal como en el medio ambiente, la erosión del suelo, y el modelo numérico además de los efectos de los vientos de tormentas en muchos niveles disciplinarios los condujeron a establecer el Wind Engineering Research Center in 1988.

DOCTOR PARTHA P. SARKAR

El Doctor Partha P. Sarkar se incorporó a la facultad de ingeniería como Assistant Professor en 1992. Él recibió su doctorado de Johns Hopkins University. Como un miembro activo de ambos IDR y WERC, él trae sus experiencias a los

- Dr. Kishor Mehta attends a U.S.-India workshop in Madras, India
- Drs. James McDonald and Kishor Mehta invited to be keynote speakers at ASCE Specialty Conference on Dynamics of Structures in Los Angeles

centers must translate the knowledge gained into design practice and university curriculum. He would also like to see diversification of research into other wind-related areas, specifically wind effects on various types of structures.

Dr. Sarkar would like to see diversification of research into other wind-related areas, specifically wind effects on other types of structures.

Dr. Sarkar feels that the Wind Engineering Exhibition is a step in the right direction. The exhibit is one medium, through which knowledge gained by IDR and WERC can be disseminated to the general public. The public awareness about this important area of research is desperately needed.

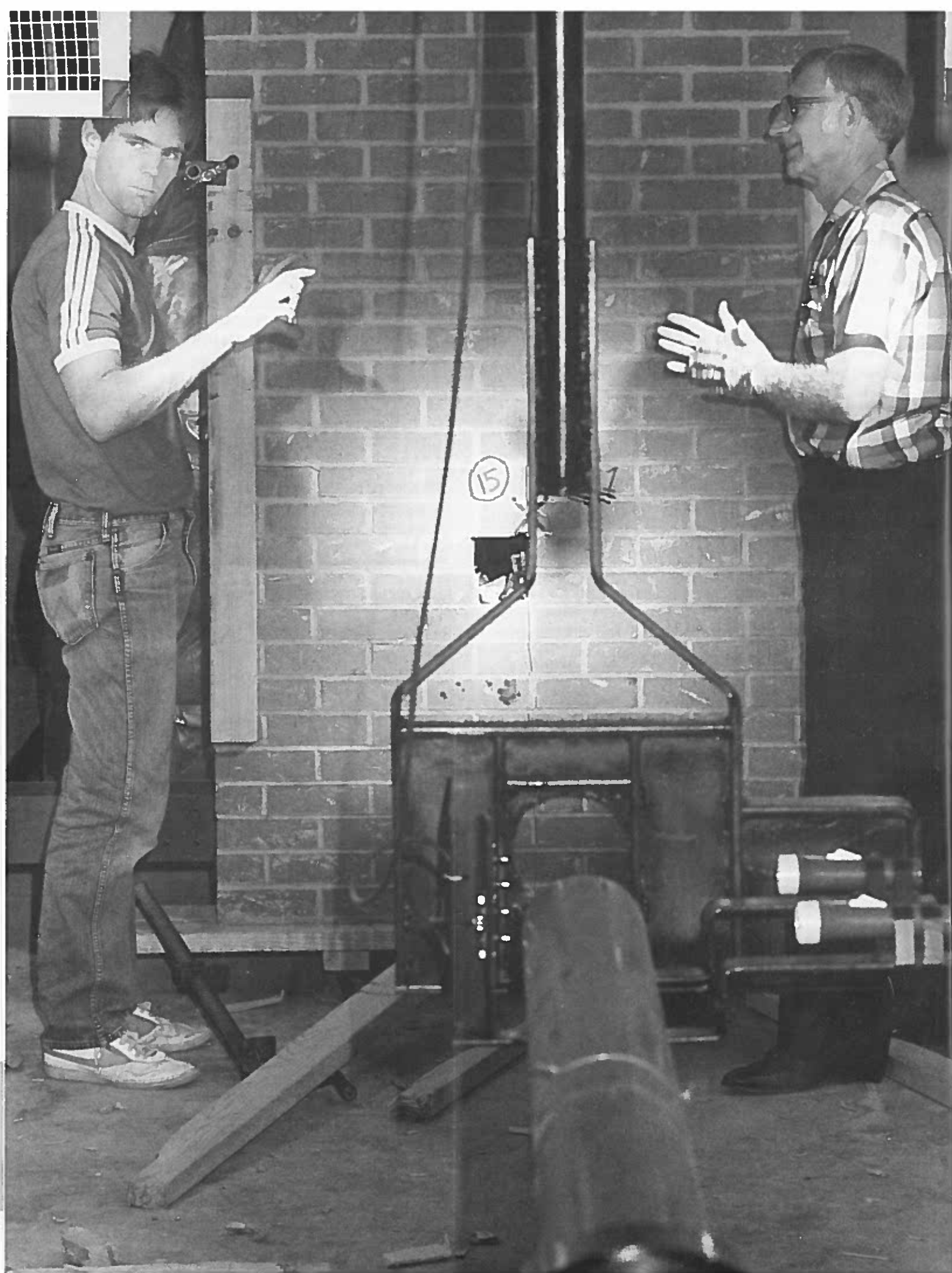
programas de investigación del túnel aerodinámico y la dinámica estructural. Doctor Sarkar ha estado involucrado en el proyecto de "metal edge flashing" y el estudio del túnel aerodinámico de un puente de carretera. Él está aplicando muchas formas para transpasar los resultados de la investigación a los ingenieros bajo un otorgamiento de dinero especial del NSF.

Doctor Sarkar siente que los dos centros de investigación deberían de continuar para seguir con la investigación que servirá para intensificar el conocimiento del flujo de viento alrededor de las viviendas y para estudiar más lejos los inducidos vientos cargados. Estos centros deben de pasar el conocimiento obtenido dentro de una práctica diseñada y al curriculum de la universidad. A él le gustaría ver una variación dentro de otras áreas relacionadas con el viento, específicamente los efectos de viento en otros tipos de estructuras.

Al Doctor Sarkar le gustaría ver una variación dentro de otras áreas relacionadas con el viento, específicamente los efectos de viento en otros tipos de estructuras.

El Doctor Sarkar siente que Wind Engineering Exhibition es un paso en la dirección correcta. La exhibición es un medio por el cual el conocimiento obtenido por el IDR y el WERC puede ser difundido al público en general. El conocimiento de la gente acerca de esta importante área de investigación es necesitada desesperadamente.

- The Wind Load Subcommittee, chaired by Dr. Kishor Mehta, develops a revision of ANSI A58.1 (1982) to ASCE 7 standard
- Dr. Kishor Mehta is invited to speak at the Seventh International Conference on Wind Engineering



Research of the Institute for Disaster Research

Over the years, IDR made many fascinating discoveries. These include the fundamental concepts of tornado and building interactions. These concepts are designed to aid the engineer in assessing the wind resistance of building constructions and assist the meteorologist in understanding and interpreting wind damage. Illustrations that establish roof to wall anchorages, foundation anchorages, and windward wall windows and doors as failure initiation points are all very valuable to both the building designer and damage investigator.

Other major research discoveries deal with tornadic wind speeds and atmospheric pressure changes. The findings of the Institute for Disaster Research include the following:

- 1) Buildings fail at relatively low wind speeds.
- 2) No conclusive evidence can be found that ground level tornado wind speeds exceed 250 mph.
- 3) Most building damage is caused by winds in the 75-125 mph range.
- 4) Atmospheric pressure change in tornadoes plays only a minor role in the damaging mechanism.

IDR has also discovered that the performance of houses in tornadoes reveals that certain types of housing and buildings are relatively good indicators of wind speeds in the lower ranges, 150 mph and less, but that housing damage is an unreliable indicator of wind speed at higher wind speeds. Further, the placement of garages, porches, roof overhangs, and gables such that the wind attacks these components can present unfavorable conditions and invite building failure, often leading to deceptive observations relating to wind speeds and wind field geometry.

Investigación del Institute for Disaster Research

A través de los años, el Institute for Disaster Research hizo varios descubrimientos fascinantes. Estos incluyen los conceptos fundamentales del tornado y las interacciones de la construcción. Estos conceptos están diseñados para ayudarle al ingeniero en la evaluación de la resistencia del viento en las construcciones de viviendas y prestarle ayuda a los meteorólogos en el entendimiento y en la interpretación del daño del viento. Las ilustraciones que describen las conexiones que van desde el techo hasta el muro, las conexiones a los cimientos, y las puertas y ventanas de los muros que están expuestos al viento, todos estos puntos de iniciación de los defectos son muy valiosos tanto para el arquitecto como para el investigador de los daños.

Otros descubrimientos importantes de la investigación trata con las velocidades de viento del tornado y con los cambios de la presión atmosférica. Los descubrimientos del Institute for Disaster Research concluye lo siguiente:

- 1) Las construcciones fallan relativamente a las bajas velocidades de viento.
- 2) No existe una convincente evidencia que pueda ser encontrada y que diga que las velocidades del viento del tornado a nivel del suelo pasen de 250 millas por hora.
- 3) La mayoría de los daños de construcción son causados por los vientos que fluctúan entre 75 y 125 millas por hora.
- 4) El cambio de la presión atmosférica en los tornados juega solamente un papel secundario en el mecanismo de los daños.

El comportamiento de las viviendas en los tornados revela que ciertos tipos de casas y construcciones pueden ser relativamente buenos indicadores de las velocidades del viento en los niveles más bajos de 150 millas por hora y menos, pero que el daño de la vivienda no es un indicador confiable de la rapidez del viento a velocidades más altas de 150 millas. Además, la ubicación de los garajes, las terrazas cubiertas, los techos que sobresalen horizontalmente, y los

Left: Dr. McDonald and student with the air-actuated cannon.

1988

- The Wind Engineering Research Center established by the Texas Tech University Board of Regents
- The Wind Engineering Research Field Laboratory established
- Dr. Joseph E. Minor leaves Texas Tech University to become Chairman of Civil Engineering Department at the University of Missouri-Rolla
- Dr. Scott Norville named Director of the Window Glass Research and Testing Laboratory
- Dr. Jim McDonald named Director of the Institute for Disaster Research

TORNADO-GENERATED MISSILES

The research dealing with tornado-generated missiles is important to structural engineers designing buildings for the protection of people and property. Tornado-generated missiles range in size from small objects such as roof gravel and twigs to large objects such as automobiles and storage tanks. The most common missiles observed in tornadoes are pieces of wood from the roofs and walls of destroyed houses. Wall board, insulation, and sheet metal are also common missiles.

Tornado-generated missiles cause numerous injuries and deaths each year. Persons in the open, including those in the process of seeking safety in outdoor shelters, are susceptible to injury or death from windborne missiles. To avoid this type of injury, a person should seek shelter in an interior room or closet, rather than going outdoors to an underground shelter, if storm conditions indicate that the occurrence of a tornado may be imminent.

There are a number of factors that affect missile flight trajectories, or paths, in a tornado. These factors include the injection mechanism, missile characteristics, the location of a missile relative to tornado path, the initial elevation of missiles, and the degree of anchorage.

A missile, injected into the windstream, can "fly" within a tornado. Various injection methods are possible. These methods include aerodynamic, ramp, and explosion mecha-

gables hacen que el viento cuando ataca estos componentes puedan representar condiciones desfavorables y provocar una falla de construcción, a menudo esto conduce a observaciones confusas en relación con las velocidades y la geometría del curso del viento.

EL TORNADO PRODUCE PROYECTILES

La investigación relacionada con el tornado que produce proyectiles es importante para los ingenieros de estructuras que diseñan viviendas para la protección de la gente y de las propiedades. El tornado que produce proyectiles varía en magnitud desde objetos pequeños tales como la techumbre de la grava y varillas a objetos grandes tales como automóviles y depósitos de tanques. El más común de los proyectiles observados en los tornados son los pedazos de madera de las techumbres y las murallas de las casas destruidas. La madera laminada, el aislante, y la plancha de metal son también proyectiles comunes.

El tornado que produce proyectiles causa numerosos daños y muertes cada año. Las personas que están al descubierto, incluyendo a aquellos que están tratando de buscar protección en los refugios al aire libre, están expuestos a daños o muertes a causa de los proyectiles llevados por el viento. Para evitar este tipo de daño, una persona debería de buscar protección en el interior de un cuarto o un clóset, antes que ir al aire libre a un refugio subterráneo, si las condiciones de la tormenta indican que el acontecimiento de un tornado puede ser inminente.

Existe un número de factores que afectan las trayectorias de la dirección del proyectil o cursos de un tornado. Estos factores incluyen el mecanismo de inyección, las características de los proyectiles, la ubicación del proyectil en relación al curso del tornado, la elevación inicial de los proyectiles y el grado de soporte.

Un proyectil, introducido en la corriente de viento, puede "volar" dentro de un tornado. Diversos métodos de inyección son posibles. Estos métodos incluyen la aerodinámica, la rampa y los mecanismos de explosión. A medida que el aire desborda un posible proyectil, las energías aerodinámicas



Above: The wind engineering research field facility.

- Hurricane Hugo hits the coast of South Carolina
- First five-year Cooperative Program in Wind Engineering (with Colorado State University) funded by the National Science Foundation

nisms. Aerodynamic injection occurs when the air flows over a potential missile; aerodynamic lift forces may develop. When these forces exceed the weight of the object, the object accelerates in a vertical direction and becomes airborne. The duration of the initial lift force is relatively short, usually less than a second, but may vary considerably with changes in tornado's speed, maximum wind speed, and windfield geometry. Once lifted off the ground, the upward component of the wind velocity helps to sustain the missile in flight.

In some instances the missile may not become airborne, but may roll or slide along the ground. The missile may be injected into the windfield if it encounters an incline. This injection mode, referred to as "ramp" injection, is a second manner in which missiles can become airborne.

On some occasions, a missile will become injected into the windfield by upward forces attendant to building failure as a building comes apart in the face of wind action. This injection mode, referred to as "explosion" injection, is a third way in which tornado-generated missiles become airborne.

There are six general types of missiles:

- 1) Roof gravel, brick, block.
- 2) Sheet metal, plywood, roof sections.
- 3) Various sizes of timber missiles, including utility poles.
- 4) Various sizes of steel pipe and beams.
- 5) Steel tanks.
- 6) Trailers, recreational vehicles, campers, autos and buses.

levantadas pueden desarrollarse. Cuando estas energías superan el peso del objeto, el objeto acelera en una dirección vertical y pasa a ser transportado por el aire. Referido a la inyección "aerodinámica", este es un primer método de inyección de proyectil. La duración de la energía inicial del levantamiento es relativamente corta, por lo general es menos de un segundo, pero puede variar considerablemente con los cambios de velocidad en un tornado, con una mayor velocidad del viento y con la geometría del campo de viento. Una vez levantado de la tierra, el componente ascendente de la velocidad del viento ayuda a mantener el proyectil en vuelo. En algunas ocasiones el objeto es inyectado dentro del campo de viento si éste encuentra una inclinación. Este modo de inyección que es referido como la inyección de "rampa", es la segunda manera en el cual los proyectiles pueden ser transportados por el aire.

En algunas ocasiones, un proyectil llegará a ser inyectado dentro del campo de viento por las energías ascendentes ayudando así a las fallas de construcción como una vivienda que llega a desprenderse frente a la acción del viento. Este método de inyección referido a la inyección de "explosión", es una tercera forma en la cual el tornado produce proyectiles que llegan a ser transportados por el aire.

Existen seis tipos comunes de proyectiles:

- 1) Techumbre de grava, ladrillo, adoquín.
- 2) Lámina metálica, madera terciada, secciones de techumbres.
- 3) Varios tamaños de proyectiles de madera, incluyendo los postes de alumbrado.
- 4) Diversos tamaños de tuberías de acero y vigas.
- 5) Depósitos de tanques.
- 6) Casas móviles, casas-rodantes, vehículos para acampar, automóviles y buses.

Often, the popular press and sometimes even technical writers record stories of "incredible" missiles following tornado events. The object of such stories, usually, is to support concepts of incredible wind speeds in tornadoes. There have been reports of steel beams perforating the trunks of trees and of tree limbs penetrating steel beams. The familiar story of straws penetrating fence posts also falls into the incredible missile category. Investigators who have read the stories in the literature, have investigated storm damage, and have sought facts relating to reported incredible events offer two general observations. First, printed stories that relate observations of extreme missile events lack the type of data that would allow scientific analysis of phenomena surrounding the event. Second, when facts surrounding an unusual event become established, it is most often found that the stories describing the event were overstated, thus making the event sound more dramatic. In most cases, a rational manner explains away many factual accounts of incredible missiles.

In order to better study and understand tornado-generated missiles, Texas Tech built an air-actuated cannon that simulates tornado-generated missiles in flight. The 20 foot long, air-powered cannon is an important research tool for the Institute for Disaster Research.

WHAT DO DAMAGE SURVEY TEAMS DO?

The basic objective of a tornado damage survey team is to arrive at the site and record storm damage at the scene as quickly as possible, before others move in and destroy significant evidence. In advance to the actual investigation, the teams going into the field must be selected, briefed, and equipped. Several three-man teams work best, but two-man teams can work effectively as well. At least one team member must be an experienced structural engineer and pref-

De vez en cuando la prensa popular y hasta incluso algunas veces escritores técnicos escriben de los proyectiles "increíbles" después de haberse producido el tornado. El propósito de tales historias, por lo general, es para apoyar los conceptos increíbles de las velocidades del viento en los tornados. Han habido reportes de vigas de acero perforando los troncos y las ramas de los árboles. La historia conocida de pajas penetrando en las cercas de palo cae dentro de la categoría de lo increíble del proyectil. Los investigadores quienes han leído las historias en los impresos han investigado el daño de la tormenta, y han buscado hechos relacionados con los increíbles sucesos reportados que ofrecen tres observaciones generales. Primero, las historias impresas que relatan observaciones de sucesos extremos del proyectil carecen del tipo de datos que permitiría análisis científicos del fenómeno circundante al suceso. Segundo, cuando los hechos rodean un acontecimiento inusual y ésta llega a ser establecida, se

encuentra que las historias que están describiendo el hecho en su mayoría muchas veces han sido exageradas, de este modo hacen que el hecho suene más dramático. Por último, en la mayoría de los casos, de una manera racional se puede explicar que muchas narraciones verídicas de los proyectiles son increíbles.

Para estudiar y entender mejor los tornados que producen proyectiles, Texas Tech construyó un cañon con poder de aire que simula proyectiles volando producidos por los tornados. El Cañon con poder de aire mide 20 pies de largo y es una herramienta importante para la investigación del Institute for Disaster Research.



Above: Texas Tech University faculty damage survey team members examine damage to the Plains Life Building, now known as the Metro Tower, after the 1970 tornado.

- The Wind engineering program is recognized as a major campus activity and granted "enhancement funding" by Texas Tech University
- Texas Department of Transportation project to study wind effects on traffic signal structures begins

erably an experienced wind engineer. Beginning in the mid-1970s, IDR teams began including a meteorologist as well. The addition of this capability has proven invaluable in obtaining the necessary weather data on storm occurrence and in interviewing eyewitnesses.

Upon arrival at the scene, the team first ascertains the general area of damage. They identify the tornado or wind-storm path, its direction, and the width and length of the damage area. The path of the tornado is then sketched on a map of the area. Dividing the storm affected area into destruction zones identifies the general pattern of damage. Destruction zone designations refer to the general nature of the damage that occurred within the zone.

There are three defined zones:

- 1) **Extensive Damage Zone** – A majority of the structures within the zone are destroyed or severely damaged.
- 2) **Moderate Damage Zone** – Approximately one-half of the structures in the zone are significantly damaged.
- 3) **Scattered Damage Zone** – Only a small percentage of structures are significantly damaged.

A major area of interest concerns how air flows around buildings and in so doing produces forces and aerodynamic situations for the treatment by the wind engineer. Phenomena associated with air flow around buildings are the product of wind-structure interaction.

When a turbulent wind approaches and envelops a structure, there is a change in the direction of air flow. This change in flow direction results in phenomena that appear near and on the surfaces of the structure. If one visualizes a structure as consisting of five surfaces (four walls and a roof) with wall corners, eaves, roof corners and roof ridges, then certain phenomena that influence each of these parts of the structure are easily identified. The phenomenon of interest is divided broadly into two types: overall phenomena and local phenomena.

¿QUE HACEN LOS EQUIPOS DE ESTUDIO DE DAÑOS?

El propósito fundamental de un equipo de estudio de daños de un tornado es llegar al sitio dañado y anotar el daño de la tormenta en el lugar tan rápidamente como sea posible, antes que otros lleguen y destruyan las evidencias importantes. Previo a la investigación en curso, los equipos que van dentro del campo deben ser seleccionados, instruidos y estar bien equipados. Varios equipos de tres hombres trabajan juntos. Por lo general, se incluye a un ingeniero y preferentemente un ingeniero con experiencia en vientos. A comienzos de la mitad del año 1970, los equipos del IDR también empezaron a incluir a un meteorólogo. La integración de esta capacidad ha probado ser invaluable obteniendo los datos necesarios del tiempo meteorológico en un acontecimiento de tormenta y en las entrevistas a testigos.

Una vez que se llega al lugar, el equipo primero debería de averiguar el área total del daño. Ellos también deberían de identificar el tornado o el curso de la tormenta, su dirección, y la extensión del área dañada. Luego el curso del tornado es dibujado en un mapa del área afectada por la tormenta dividiéndola en zonas de destrucción que identifiquen la superficie total del daño. Las designaciones de la zona de destrucción aluden a la característica total del daño ocurrido dentro de la zona.

Existen tres áreas definidas:

- 1) **La zona extensa del daño** – Una mayoría de las construcciones dentro de la zona están destruidas o están severamente dañadas.
- 2) **La zona del daño moderado** – Aproximadamente la mitad de las construcciones en la zona están significativamente dañadas.
- 3) **La zona de daños dispersos** – Sólo un pequeño porcentaje de las construcciones están significativamente dañadas.

Un área de mayor interés concierne de cómo el aire circula alrededor de las construcciones y que de esta manera genere fuerzas y situaciones aerodinámicas para el tratamiento por el ingeniero deviento. El fenómeno asociado con la circulación del aire alrededor de las construcciones son el producto de la influencia de la estructura del viento.

- The Wind Engineering Research Center receives a contract from the Insurance Institute for Property Loss Reduction to develop WIND-RITE
- Hurricane Andrew strikes South Florida
- WERC receives "line item funding" – State of Texas recognizes WERC contributions
- Report published by Dr. James McDonald (with EQE International) on hurricanes Andrew and Iniki

In an overall sense, the general pattern of air flow will produce inward-acting pressure on the upwind (windward) wall and outward-acting pressure on the two side walls, the leeward wall and the roof. Outward pressures occur on four of the five surfaces because the air flow accelerates to a higher velocity as it travels the longer distance around or over the structure, and because the air flow separates from the surface of the building at windward wall corners, eaves, and ridges, thus creating low pressure pockets or "bubbles" downstream from separation points.

In a local sense, the flow of air cannot negotiate the sharp corners at wall corners, eaves, roof ridges, and roof corners; hence, the flow separates from these structural surfaces. Relatively low pressures that occur immediately downstream of these flow separations are principal causes of many structural failures and the malfunction of certain types of mechanical systems. Concentrations of relatively

Cuando un viento turbulento se aproxima y envuelve una construcción, ahí hay un cambio en la dirección del flujo del viento. Este cambio de la dirección del flujo del viento resulta en un fenómeno que aparece cerca y en las superficies de la construcción. Si uno visualiza una construcción como si consistiera de cinco caras (cuatro paredes y un techo) con esquinas de pared, aleros, esquinas de techo y caballetes, entonces ciertos fenómenos que influyen en cada una de estas partes de la construcción serían fácilmente identificadas. El fenómeno de interés está dividido claramente en dos tipos: fenómeno total y fenómeno local.

En un sentido total, el modelo general del flujo del viento producirá una presión empujando hacia adentro la pared expuesta al viento y una presión empujando hacia afuera las dos paredes laterales, la pared trasera, y empujando hacia arriba el techo. Las presiones que



Above: This crushed automobile, found after the 1970 tornado in the Country Club area north of Loop 289 and west of Interstate 27, shows that even automobiles can become missiles in high velocity winds. (Photo courtesy of the Lubbock Avalanche Journal)

- Line item funding for the Wind Engineering Research Center provided by the State of Texas
- "Deemed to Comply" standard for the Texas Department of Insurance developed

low pressure occur along surfaces immediately downwind from flow separation points. In addition, because of the turbulence present in the approaching wind, the flow separation tends to fluctuate, causing wake turbulence downstream from separation points. This wake turbulence may affect, dynamically, wall components or roof components as well as mechanical equipment located in these areas. If the wall or roof downstream from the separation point is very long, the air flow may reattach to the structure; otherwise, the wake turbulence can affect an entire wall or roof.

Two important observations can be made at this point relative to wind effects on structures. First, the wind acting alone produces outward-acting pressures on all surfaces except the windward surface. Second, the aerodynamically poor character of most conventional buildings invites relatively large outward-acting pressures along sharp edges. These observations have relevance relative to building explosions under the influence of the tornado's effects. These aerodynamic effects of wind flow produce the appearance of an explosive failure rather than the presences of low atmospheric pressure in the tornado vortex.

empujaron hacia afuera ocurren en cuatro de las cinco caras, debido a que el flujo del aire acelera a una velocidad más alta así como también viaja a una distancia más larga alrededor o sobre la construcción. Y también porque el flujo del aire se separa de la cara del frente de la construcción en las esquinas de las paredes expuestas al viento, aleros y caballetes, creando de este modo bolsas de aire de baja presión o "burbujas" que se forman detrás de los puntos de separación.

En un sentido local, el flujo del aire no puede vencer esquinas angulosas de las esquinas de las paredes, aleros, caballetes y esquinas de los techos; en consecuencia, el flujo se separa de las caras de la construcción. Relativamente, las bajas presiones que ocurren inmediatamente detrás de estas separaciones de flujo son las principales causas de numerosas fallas de construcción y el mal funcionamiento de ciertos tipos de sistemas mecánicos. Las concentraciones de relativa baja presión ocurren a lo largo de las caras inmediatamente con el viento, desde los puntos de flujo de separación. Además, debido a la turbulencia presente en el viento que se aproxima la línea del flujo de separación tiende a fluctuar, causando una turbulencia estela detrás de los puntos de separación. Energéticamente, esta turbulencia estela puede afectar los componentes de las paredes o de las techumbres como también a los equipos mecánicos que están ubicados en estas áreas. Si la pared o el techo detrás del punto de separación es muy largo, el flujo del aire puede reunirse a la construcción, de lo contrario, la turbulencia estela puede afectar una pared entera o techumbre.

Dos observaciones importantes pueden hacerse en este momento relacionadas con los efectos del viento en las construcciones. Primero, el viento actuó sólo produciendo presiones que empujan hacia afuera en todas las caras exceptuando la cara del lado al viento. Segundo, aerodinámicamente el carácter pobre de la mayoría de las construcciones convencionales induce relativamente a empujar hacia afuera grandes presiones a lo largo de las angulosas esquinas. Estas observaciones tienden a dar oportunidades relativas a explosiones de viviendas bajo la influencia de los efectos del tornado. Estos efectos aerodinámicos del flujo de viento produce la apariencia de una falla explosiva más bien que la presencia de bajas presiones atmosféricas en el torbellino del tornado.

- Dr. Kishor Mehta is named interim dean of engineering at Texas Tech University
- Texas Tech University faculty and graduate students travel to New Delhi, India to attend the Ninth International Conference on Wind Engineering—16 papers presented
- Dr. James McDonald conducts damage investigation of tornadoes in DeSoto and Lancaster, Texas—report published



Contributions and Discoveries of the Wind Engineering Research Center

Research projects conducted in the Wind Engineering Research Center include design of roofing and buildings against hurricanes and tornadoes, soil erosion, gust effects on transport vehicles, vibration of traffic light structures, an expert system to predict wind damage, computational fluid dynamics, and others. A common component of all these projects is wind and its effects on structures and the environment.

RESEARCH

It has been predicted that the annual cost of the property damage caused by windstorms in the 1980s was approximately \$4 billion and could be more than \$8 billion per year by the year 2000.

In an effort to mitigate the damage and injuries sustained by storm winds, the Wind Engineering Research Center here at Texas Tech University is now working in conjunction with Colorado State University (CSU) in a National Science Foundation (NSF) sponsored Cooperative Research Program in Wind Engineering. NSF, CSU, and Texas Tech University decided that the destruction due to windstorms and other wind-related problems can be more quickly and reliably addressed through pooled resources and combined research expertise.

The program directors and principal investigators are Kishor Mehta, Horn Professor of Civil Engineering at Texas Tech and Robert N. Meroney, Professor of Civil Engineering at Colorado State University, who have been in regular communication about each of the tasks of the project since its inception more than five years ago. Leading faculty at Tech are from the departments of Civil, Mechanical, and Chemical Engineering as well as Atmospheric Science in the College of Arts and Sciences.

At CSU and TTU, 13 primary investigators are working on the eight tasks of the project. More than 60 faculty and

Contribuciones y Descubrimientos del Wind Engineering Research Center

Los proyectos de investigación dirigidos en el Wind Engineering Research Center incluyen: el diseño de techumbre y viviendas contra huracanes y tornados, la erosión del suelo, los efectos de rachas de vientos en los vehículos de transportes, las vibraciones de las estructuras de semáforos, un sistema experto para predecir el daño de viento, el cálculo de las dinámicas de fluidos, y otros. Un componente común de todos estos proyectos es el viento y sus efectos en las estructuras y el medio ambiente.

INVESTIGACIÓN

Esto ha sido pronosticado que el costo anual del daño de la propiedad causado por las tormentas en los años de 1980 fue de aproximadamente de 4 billones y puede llegar a ser más de 8 billones por año para el año 2000.

En un esfuerzo para mitigar el daño y las lesiones sufridas por vientos huracanados, el Wind Engineering Research Center aquí en Texas Tech University está trabajando en conjunto con Colorado State University (CSU) en una Cooperative Research Program in Wind Engineering patrocinada por National Science Foundation (NSF). NSF, CSU, y TTU llegaron a la conclusión a otros problemas relacionados con el viento pueden ser más rápidos y confiables dirigidos por medio de sus recursos y con la combinación de expertas investigaciones.

Los directores del programa y los principales investigadores son: Kishor Mehta, Horn Professor de Ingeniería Civil en Texas Tech, y Robert N. Meroney, Profesor de Ingeniería Civil de CSU, quien ha estado en una constante comunicación acerca de cada una de las tareas de los proyectos desde su inicio hace ya más de tres años. Los directores de la facultad en Texas Tech son de los Departamentos de Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química como también Ciencia Atmosférica en la Facultad de Ciencias y Letras.

Left: Researchers at the WERC routinely shoot 2x4s through brick walls to gather data that helps them design safer buildings.

- Funding approved for second 5-year Cooperative Program in Wind Engineering from the National Science Foundation
- Florida Housing and Finance Agency funds Texas Tech wind engineering program to develop expert system for building code compliance for wind-resistant housing
- Museum of Texas Tech opens wind engineering exhibit "Winds of Destruction, Currents of Change"

students have been involved in this interdisciplinary and dual-institution effort. The eight tasks being tackled by the two universities are:

Task 1: This task analyzes wind pressure. Jack Cermak (CSU) and Kishor Mehta (TTU) simulated the atmospheric surface layer with vertical airfoil turbulence generators and measured the results. Dr. Mehta, at Texas Tech, has gathered wind-pressure data from the field site that has not previously been available. This data will allow researchers around the world to calibrate wind tunnel results. In regard to this goal, the TTU researchers are also testing a super pressure tap installed at the field site. The researchers have created a correlation of pressure coefficients from small-scale models and effect of filtering on these coefficients.

Task 2: This task focuses on building ventilation. Robert N. Meroney (CSU) and Richard Tock (TTU) have looked at the wind's effect on the dispersion of airborne pollutants. They developed a methodology for estimating the path of pollutants. Of particular interest is the design of exhaust releases or flush vents close to a building surface — a process that in the past can be described as a "hit or miss exercise." Their task has been to describe the flow field near a building for use by HVAC designers and air quality code developers.

Task 3: This focused on wind pressure on a flat roof of a low-rise building. Bogusz Bienkiewicz (CSU) and James McDonald (TTU) compared the pressure on bare roof surfaces with the pressure on roof pavers, as well as the differential pressure below and above pavers. One objective is to understand the behavior of full-scale pavers on the TTU field site versus the behavior of models of pavers in the CSU wind tunnel.

Task 4: This task was concerned with the simulation of high-winds, including tornadoes. Bogusz Bienkiewicz (CSU) and Richard E. Peterson (TTU) created and constructed a tornado generator for use in the CSU wind tunnel. They also gathered data from the TTU meteorological tower during thunderstorms, duststorms, and cold fronts. The researchers are also interested in photogrammetric analysis of videotaped tornadic activity. Due to the recent popularity of video cameras, they believe there is a great untapped resource of information about the structures of tornadoes.

Task 5: This task dealt with structural glazing and wind pressures. Directed by Jon A. Peterka (CSU) and H. Scott Norville (TTU) the task had three goals: 1) to understand cy-

En CSU y TTU, 13 investigadores principales están trabajando en las ocho áreas del proyecto. Más de 50 miembros de la facultad y estudiantes han estado comprometidos en este campo de estudio, y también el esfuerzo de dos instituciones. Un equipo de trabajo de este tipo es verdaderamente inusual en una educación superior. Estas dos universidades están trabajando en una serie de ocho tareas, incluyen:

Tarea 1: Esta tarea analiza la presión del viento. Jack Cermak de (CSU) y Kishor Mehta de (TTU) han simulado la capa de la superficie atmosférica con generadores turbulentos de sustentación vertical y midieron los resultados. Con respecto a este objetivo, los investigadores de TTU están también probando un Super Pressure Tap que está instalado en un terreno en TTU. Los investigadores han formado correlaciones de los coeficientes de presiones de modelos de pequeñas escalas y del efecto de filtración en estos coeficientes.

Tarea 2: Esta tarea se concentra en la construcción de ventilación. Robert N. Meroney de (CSU) y Richard Tock de (TTU) han observado el efecto del viento en la dispersión de los contaminantes transportados por el viento. Ellos desarrollaron una metodología para pronosticar el curso de los contaminantes. De un interés en particular es el diseño del escape de gases o de orificios que están cerca de la cara de construcción - un proceso que en el pasado pudo haber sido referido como un "acierto o un equivocado ejercicio". Sus tareas han sido para describir el carácter del flujo del campo cerca de una construcción por el uso de los diseñadores de HVAC y de los desarrolladores del código de la calidad del aire.

Tarea 3: Esta tarea se centró en la presión del viento en una techumbre plana de una construcción de baja elevación. Bogusz Bienkiewicz de (CSU) y James McDonald de (TTU) compararon la presión en las superficies de los techos lisos con la presión en los tejados como también la presión diferencial inferior y superior de de los tejados. Una de las metas es de entender el comportamiento máximo de los tejados en el laboratorio externo de TTU versus la reacción de los modelos de tejados en el túnel aerodinámico.

Tarea 4: Esta tarea estuvo relacionada con la simulación de altos vientos, incluyendo los tornados. Bogusz Bienkiewicz de (CSU) y Richard E. Peterson de (TTU) han desarrollado y construido un generador de tornados

clic wind pressure on glass systems, 2) to establish the fatigue strength of structural silicone sealants, and 3) to study the performance of these sealants under various simulated wind pressures. At CSU, researchers concentrated on simulating the pressure fluctuations over time on a building surface. At TTU, information derived from these simulations was used to design a loading frame to test the fatigue strength of structural sealants under random wind pressures.

Task 6: The goal of task 6 was to predict extreme winds. Drs. Peterka (CSU) and Mehra (TTU) investigated and examined extreme winds in order to update the nation's wind load standard that is used to estimate wind pressure on various structures. They also analyzed sampling errors in extreme wind records, including the effects of sheltering by forests and buildings that are upwind of an anemometer.

Task 7: This task focused on the numerical modeling of air flow around buildings. Roger Pielke (CSU) and S. Parameswaran (TTU) used data collected in task 1, Wind Pressure on Low-rise Building, and task 2, Studies on Building Ventilation. At TTU, the researchers have developed the computational algorithm to model flow phenomena and to determine the best way to simulate turbulence. CSU interfaced the computational algorithm with their large-scale meteorological computational capabilities to develop a code and link it to the building scale code.

Task 8: This task dealt with soil erosion. Jim Gregory (TTU) and Willy Z. Sadeh (CSU) worked together on this task. Gregory created a wind erosion model that he and Sadeh expanded to include dust prediction and the effect of relative humidity.

RESEARCH FACILITIES

*Wind Engineering Research Field Site and Laboratory—*These facilities are used to pursue research in wind pressure on buildings, roofing studies, wind flow around buildings, stability of atmosphere near ground, and to acquire field data in high winds and during thunderstorms. This facility has three main components: a test building, a data acquisition building, and a tower for mounting meteorological instrumentation.

The test building is a 30x45x13 foot metal building that can be rotated to provide positive control over the wind angle-of-attack. Wind pressures on the building are measured by

para ser usado en el túnel aerodinámico en CSU. Ellos también han recopilado datos desde la torre meteorológica de TTU durante truenos, tempestades de polvo y frentes fríos. Los investigadores están también interesados en el análisis fotogramétrico, la cual es una actividad del tornado grabada en una cinta de video.

Tarea 5: Esta tarea trató con la estructura del vidriado y las presiones del viento. Dirigido por Jon A. Peterka de (CSU) y H. Scott Norville de (TTU) la tarea tuvo tres objetivos: 1) Entender la presión cíclica del viento en los sistemas de vidrio, 2) establecer el agotamiento de resistencia de las estructuras selladoras de silicona, y 3) estudiar la ejecución de estas selladoras bajo presiones de vientos simulados. CSU, los investigadores se concentraron en la simulación de fluctuaciones de presión a través del tiempo en una superficie construida. En TTU, la información proveniente de estas simulaciones fue usada para diseñar un marco para probar el agotamiento de resistencia de las estructuras selladoras de silicona bajo presiones de viento al azar.

Tarea 6: La meta de la tarea número 6 fue de predecir vientos extremos. Los Doctores Peterka de (CSU) y Mehra de (TTU) investigaron y examinaron vientos extremos para poner al día al país de la norma de la carga del viento la cual es usada para pronosticar la presión del viento en varias construcciones. Ellos también analizaron los errores de los ejemplos en los récords de vientos extremos, incluyendo los efectos de refugiarse en bosques y viviendas que están contra el viento de un anemómetro.

Tarea 7: Esta tarea se concentrará en el modelo numérico del flujo del aire en torno a las viviendas. Roger Pielke de (CSU) y S. Parameswaran de (TTU) utilizaron datos recogidos de la tarea número 1, la presión del viento en construcciones de poca altura, y de la tarea número 2, los estudios de ventilación de la construcción. En TTU, los investigadores han desarrollado el algoritmo computacional para modelar el fenómeno de flujo y para determinar la mejor manera de simular la turbulencia. El CSU combinó el algoritmo computacional usando sus capacidades de gran escala meteorológica computacional para desarrollar un código y unirla al código de la escala de construcción.

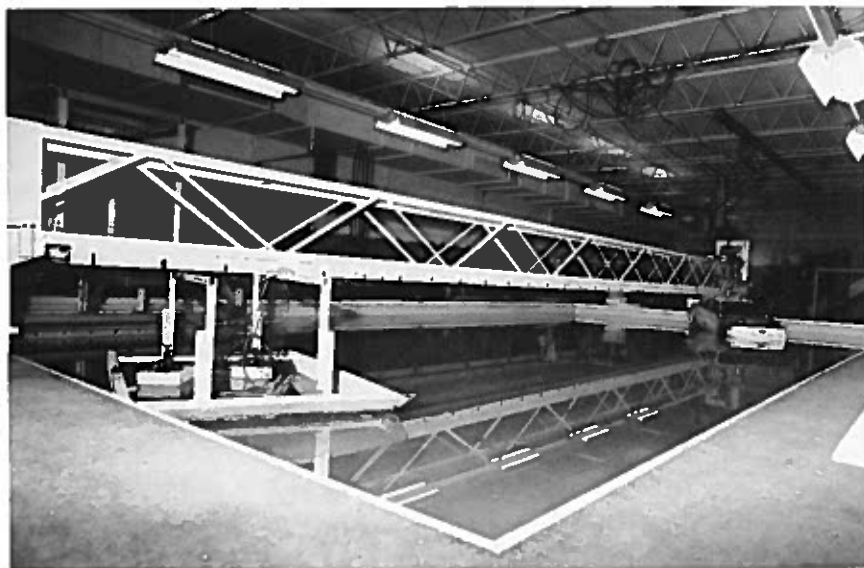
Tarea 8: Esta tarea trató con la erosión del suelo. Jim Gregory de (TTU) y Willy Z. Sadeh de (CSU) trabajaron juntos en esta tarea. Gregory creó un modelo de erosión del viento el cual él y Sadeh extendieron para incluir la predicción de polvareda y el efecto de la humedad relativa.

using differential pressure transducers. The data acquisition system is housed in a concrete block building located within the test building. A 160-foot tall guyed tower is used as a platform for the meteorological instrumentation. Wind speed, wind direction, temperature, barometric pressure, and relative humidity are measured with instruments at the 3, 8, 13, 33, 70, and 160 foot levels.

Wind Tunnel—The wind tunnel is used to determine the flow of air around buildings and structures as well as to measure pressures on various surfaces. The wind tunnel section is 3x5 feet and 38 feet long. The 50 horsepower blower produces wind speeds to 70 miles per hour.

Tow Tank—The tow tank is 15 feet wide, 10 feet deep, and 80 feet long. It can test a full-size automobile at a speed of 10 feet per second (this is equivalent to a wind speed of 100 miles per hour). A computer-based data acquisition system permits assessment of pressures and forces. Colored dye is used in the water to allow flow visualization and recording on video cameras.

Tornado Missile Impact Facility—This facility consists of an air-actuated cannon and reaction frame for supporting the test barriers and is used to study the effects of tornado missile impact on common building materials. The cannon is capable of accelerating a 2x4 timber plank weighing 15 pounds to speeds up to 150 miles per hour.



Above: The Tow Tank can test a full-size automobile at a speed of 10 feet per second; this is equivalent to a wind speed of 100 miles per hour.

LUGARES DE INVESTIGACIÓN

Laboratorios de la Investigación de la Ingeniería del Viento—Estos lugares se usan para hacer investigaciones de la presión de viento en las viviendas, los estudios de la techumbre, el flujo deviento alrededor de las viviendas, la estabilidad de la atmósfera cerca del suelo, y para obtener datos de laboratorio en grandes vientos y durante ironadas. Este sitio tiene tres componentes principales: un edificio para realizar pruebas, un edificio para obtener datos, y una torre para instalar instrumentos meteorológicos.

El edificio para realizar pruebas tiene dimensiones de 30x45x13 pies, de construcción metálica que puede ser girada para proveer un control positivo sobre el ángulo de ataque del viento. Las presiones de viento en el edificio son medidas usando los transductores diferenciales de presión. El sistema para obtener datos está situado en un edificio de bloque de cemento ubicado en el interior del edificio de prueba. Una torre alta de 160 pies se usa como plataforma para los instrumentos meteorológicos. La velocidad de viento, la dirección del viento, la temperatura, la presión atmosférica y la humedad relativa se miden con instrumentos en los niveles de 3, 8, 13, 33, 70 y 160 pies.

Túnel Aerodinámico—El túnel aerodinámico se usa para determinar el flujo del aire alrededor de las viviendas y estructuras como también para medir las presiones en varias superficies. La sección del túnel aerodinámico es de 3x5 pies y 38 pies de largo. El ventilador tiene poder de 50 caballos de fuerza produce velocidades de viento hasta 70 millas por hora.

Tanque de Agua—El tanque de agua tiene 15 pies de ancho, 10 pies de profundidad y 80 pies de largo. Puede poner a prueba un carro a la velocidad de 10 pies por segundo (este es el equivalente a la velocidad de viento de 100 millas por hora). Un computador obtiene y analiza los datos de presión y fuerza. Tinte coloreado se usa en el agua para permitir la visualización del flujo y para grabar en los videos de cámaras.

Lugar de Impactos de proyectiles Generados por TORNADOS—Este sitio consiste de un cañon de aire y de un

IN-RESIDENCE TORNADO SHELTERS

After the Lubbock tornado, it was noted that walls to bathrooms and closets were still standing in many of the otherwise completely destroyed homes, presumably because of the small dimensions of these rooms giving a closer spacing of cross-walls. Some reinforcement of bathrooms is possibly provided by the presence of plumbing, vent stacks and bathroom fixtures.

This type of destruction was not limited to Lubbock. Numerous researchers found that, even if an entire house was destroyed, invariably a small room or a closet usually remained intact. In many cases, these rooms provided a place of safety for the occupants who had no other place of shelter.

The concept of the in-residence tornado shelter grew out of these findings and other early tornado damage investigations. Researchers reasoned that if engineering attention was paid to construction of the small room, providing strength to resist the wind forces and impact from tornado missiles, a reliable place of safety could be provided for the residents. Designs were developed at Texas Tech whereby an above ground in-residence shelter could be constructed in a new home for less than \$2,000. These rooms can also be constructed in existing homes. There are several advantages to this type of shelter. The room is readily accessible and can be used for other purposes, and those seeking shelter do not have to go outside where they could possibly be injured or killed by tornado-generated missiles.



Above: An in-residence storm shelter under construction

marco para apoyar las murallas y es usada para estudiar los efectos del impacto de un proyectil generado por un tornado en materiales comunes de construcción. El cañon es capaz de arrojar un pedazo de madera de 2x4 y que pesa 15 libras a una velocidad de hasta 150 millas por hora.

REFUGIOS PARA TORNADOS DENTRO DE LAS RESIDENCIAS

Después del tornado de Lubbock se observó que las murallas de los cuartos de baños y de los clósets todavía estaban paradas en muchas de las casas completamente destruidas; probablemente debido a que las pequeñas dimensiones de estos cuartos dan un espacio más cercano de las murallas contrarias. Algunos de los refuerzos de los cuartos de baños posiblemente están proveídos por la presencia de las cañerías, tuberías y artefactos de baño.

Este tipo de destrucción no estuvo limitada a Lubbock. Varios investigadores encontraron lo mismo, aunque una casa entera fuera destruída, invariablemente un cuarto pequeño o un clóset por lo general quedaba intacto. En muchos casos, estos cuartos proporcionaron un lugar de seguridad para los ocupantes quienes no tenían otro sitio para refugiarse.

El concepto de refugios para tornados dentro de las residencias creció debido a estos descubrimientos y a otras investigaciones previas acerca del daño de tornados. Los investigadores pensaron que si la atención de la ingeniería se pusiera en la construcción de cuartos pequeños, dando la fortaleza para resistir las fuerzas del viento y el impacto de los proyectiles de tornados, un lugar confiable de seguridad podría ser proveído para los residentes. Los diseños fueron desarrollados en Texas Tech por medio del cual un refugio dentro de la residencia encima del suelo puede ser construída en las viviendas nuevas por menos de \$2,000. Estos refugios también pueden ser construídos en existentes viviendas. Existen varias ventajas para tener este tipo de refugio. Este refugio está accesible sin demora y puede ser utilizado para otros propósitos, y para aquellos que van en busca de refugio no tienen que ir afuera donde podrían ser lesionados o asesinados por los proyectiles generados por el tornado.



Remembering the Events and People of May 11, 1970

At 9:48 p.m. on May 11, 1970, life in Lubbock changed. At least one tornado hit the Lubbock area devastating 25 square miles, causing \$200 million in damages, killing 26 people, and injuring over 2,000.

Emergency communications systems were knocked out, hampering early efforts to reach the dead and injured.

The tornado moved into the city from the south-south-east and apparently skipped at rooftop level from 19th Street and University Avenue across from Texas Tech University for three quarters to one mile before touching down.

The tornado dropped to the ground in the vicinity of 15th Street and Avenue Q but spread its damaging winds a mile wide as it headed northeast across the city.

The storm spared thousands of homes in the southern and southwest parts of town where damage was limited to torn down fences, an occasional uprooted tree and hail damage to cars.

The Guadalupe neighborhood, where numerous Hispanic families lived, and Mesa Road section near the Lubbock Country Club were among the hardest hit residential areas.

The storm knocked out the city's main water plant. It took more than eight hours for a fresh supply to reach Lubbock from the sandhills area near Muleshoe. In the interim, residents were urged to conserve what little water remained in the lines. Among the areas most affected by lack of water were the hospitals. At Methodist Hospital, emergency generators kept power on until the electrical power was restored, but they had no way of replacing the city's water pumping unit.

Volunteers pitched in and carried bottled water into ravaged areas from wherever they could buy or borrow it. One person even carried several gallons in a plastic clothes bag.

Recordando Los Eventos y a las Personas del 11 de mayo, 1970

A las 9:48 p.m. el día 11 de mayo de 1970, la vida en Lubbock cambió. Por lo menos un tornado afectó el área de Lubbock arrasando con 25 millas cuadradas y causando 200 millones de dólares en daños, matando a 26 personas, y lesionando sobre 2.000.

Los sistemas de comunicaciones de emergencia fueron derribados, impidiendo así refuerzos rápidos para llegar a las personas muertas y heridas.

El tornado el cual se movió dentro de la ciudad desde el sur-sudeste y aparentemente pasó por alto al nivel del tejado de las casas desde 19th Street y University Avenue, la cual está al otro lado de Texas Tech University, aproximadamente por tres cuartos a una milla antes de tocar tierra.

El tornado por lo visto tocó tierra en el vecindario de 15th Street y Avenue Q, pero sus dañosos vientos se extendieron a una milla de ancho como si se dirigiera al noreste, al otro lado de la ciudad.

La tormenta se compadeció de miles de viviendas en las partes del sur y del suroeste de la ciudad donde el daño fue reducido a cercas demolidas, uno que otro árbol desenterrado y daño de granizo a los automóviles.

El vecindario de Guadalupe, donde vivían numerosas familias de origen hispano, y la parte de Mesa Road que está cerca del Lubbock Country Club estuvieron entre las áreas que más fuertemente fueron dañadas.

La tormenta destruyó la planta principal de agua potable de la ciudad y tomó más de ocho horas para poder proporcionar agua pura a Lubbock la cual venía del área de las lomas que está cerca de Muleshoe. Entre tanto, recomendaron a los residentes a conservar la poca agua que quedaba en las tuberías. Uno de los lugares más afectados por la carencia de agua fueron los hospitales. En el Methodist Hospital, los generadores de emergencia mantuvieron la energía hasta que la energía eléctrica fue restaurada, pero

Left: Tornado-generated missiles, like the piece of wood that pierced this television, pose a great danger to people unprotected from these storms.

THOSE KILLED IN THE STORM

Jose Aguilar, 75, found in his storm-ravaged home.

Helen Machado Alafa, 30, had just been involved in a traffic accident shortly before the storm crashed over the city. Her husband had met her at the scene of the collision and as they returned to their home, the tornado hit. They stopped their car and fled for shelter, but Mrs. Alafa was fatally injured by storm-blown debris.

Johnnye Hobbs Butts, 56, was killed when her home was hit by the tornado that left only a few walls standing.

Frank Moreno Canales, Jr., 33, and his friend **Thomas Andrew Cook**, 29, both from Uvalde, were killed while driving their large van loaded with bird seed. It was destroyed and they were riddled with debris and flying wreckage.

John Cox, 26, was driving with his wife along Clovis Road toward Avenue Q.

John Glen Garrett, 29, was killed when he and his family were tossed into a field by the whirling storm winds.

Shelby Curtis Glenn, 52, lived northeast of Lubbock near Idalou was fatally injured by the storm.

Olita Gonzales, 46, was killed when her home was beaten to the ground by the devastating storm.



Above: Although no one was killed at the Lubbock Airport many aircraft were damaged in the 1970 tornado.

ellos no tuvieron forma de reemplazar la unidad de bomba de agua de la ciudad.

Los voluntarios se pusieron a trabajar vigorosamente y llevaban agua envasada desde donde pudieran comprarla o pedirla prestada. Una persona trajo consigo varios galones de agua en una bolsa plástica de ropa.

AQUELLOS QUE MURIERON EN LA TORMENTA:

José Aguilar, de 75 años, fue encontrado muerto en su extremadamente destruida casa.

Helen Machado Alafa, de 30 años, Recién había estado involucrada en un accidente automovilístico poco antes que la tormenta estallara sobre la ciudad. Su esposo la había encontrado en el lugar del accidente y cuando regresaban a su hogar, el tornado azotó. Ellos detuvieron su automóvil y huyeron para protegerse, pero la Señora Alafa fue fatalmente lesionada por los escombros arrastrados por la tormenta.

Johnnye Hobbs Butts, de 56 años, fue muerta cuando su casa fue azotada por el tornado que dejó solamente algunas de las murallas en pie.

Frank Moreno Canales Junior, de 33 años, y su amigo, **Thomas Andrew Cook**, de 29 años ambos eran de Uvalde, fueron muertos mientras manejaban su furgón cargado con alimentos de pájaros. El furgón fue destruido y ellos fueron sepultados con escombros y con restos volantes.

John Cox, de 26 años iba manejando con su esposa por Clovis Road hacia Avenue Q.

Joseph Glen Garrett, de 29 años, fue muerto cuando él y su familia fueron arrojados dentro de un campo por la revolución de los vientos de la tormenta.

Shelby Curtis Glenn, de 52 años, vivía al noreste de Lubbock cerca de Idalou, fue fatalmente herida por la tormenta.

Olita Gonzáles, de 46 años, fue muerta cuando su casa fue derrumbada al suelo por la devastadora tormenta.

Dora Bertie Graves, 49, and her husband H.J. were returning to Lubbock on Loop 289 near the Amarillo Highway when the storm hit their car. Mrs. Graves was found dead on one side of the highway and her husband was found seriously injured on the other side.

Ola Belle Harch, 77, died from injuries sustained when the storm struck her home near Lubbock Country Club.

Ruth Knight, 63, was killed when the tornado hit her home.

Jose Luz Leyva, 13, the son of a migrant farm worker from Brownsville was killed when the car he was traveling in stopped for a red light at Plainview Highway and Erskine Road.

Pedro Lopez, 56, died after being struck by flying debris when the storm hit.

Salvadore Jack Lopez, 57, was killed when the whirling winds of the storm destroyed his home.

Dale McClintock, 39, was killed while struggling with the storm cellar door.

Dora Bertie Graves, de 49 años, y su esposo H.J. venían de regreso a Lubbock en la carretera Loop 289 cerca de Amarillo Highway cuando la tormenta azotó el auto. La Señora Graves fue encontrada muerta a un lado de la carretera y su esposo fue hallado seriamente lesionado al otro lado.

Ola Belle Harch, de 77 años, falleció de heridas sufridas cuando la tormenta azotó su hogar cerca de Lubbock County Club.

Ruth Knight, de 63 años, fue muerta cuando el tornado azotó su casa.

José Luz Leyva, de 13 años, hijo de un trabajador de campo migratorio de Brownsville fue muerto cuando el automóvil en el que viajaba se detuvo en luz roja en Plainview Highway y Erskine Road.

Pedro López, de 56 años, fue muerto por escombros volantes cuando la tormenta azotó.

Salvadore Jack López, de 57 años, fue muerto cuando los remolinos de viento de la tormenta destruyeron su casa.

Dale McClintock, de 39 años fue muerto mientras forcejeaba con la puerta del sótano que sirve de refugio durante las tormentas.

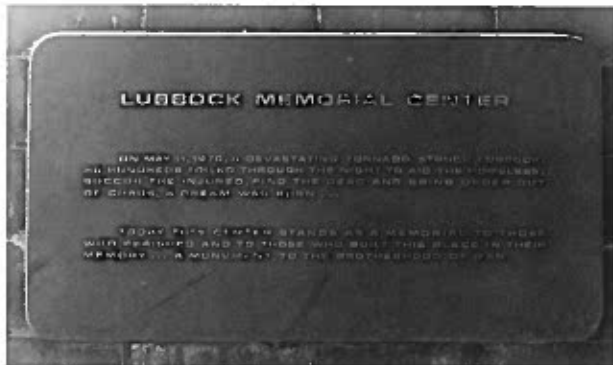
Kenneth R. Medlin, su esposa **Mary Jane** y su hijo de tres años, **Alan Raye**, fueron muertos instantáneamente cuando la violenta tormenta destruyó su casa. Su pequeño hijo, **Dustin**, fue encontrado envuelto en frazadas en la casa, pero falleció al día siguiente.

Angela Marie Mora, de 8 años murió de lesiones sufridas mientras se escondía debajo de la casa de su familia cuando el tornado azotó.

Estefana Guajardo Paez fue muerta cuando ella huía de su casa y trataba de ir a un sótano que sirve de refugio durante las tormentas cuando una camioneta que había sido levaniada por la tormenta la aplastó.

Frances Rogers, de 88 años, fue atrapada en un pedazo de hojalata cuando su casa fue derribada por el tornado, pero más tarde murió a causa de las heridas sufridas durante la tormenta.

Aurora Salazar, de 68 años, fue muerta cuando ella fue golpeada por un pedazo de muralla y una silla grande cuando la vivienda en que vivía se derrumbó alrededor de ella.



Above: Plaques on the Lubbock Memorial Civic Center commemorate the deaths and community spirit that were the result of the 1970 tornado.

Kenneth Raye Medlin, his wife **Mary June**, and 3-year-old son **Alan Raye** were killed instantly when the raging storm demolished their home. Their infant son, **Dustin Lance** was found, wrapped in blankets at the home, but died the next day.

Angela Marie Mora, 8, died from injuries sustained while hiding under the family home when the storm struck.

Estefana Guajardo Paez, was killed as she fled her home, trying to go to a storm cellar, when a pickup truck that had been picked up by the storm crushed her.

Frances Rogers, 88, was trapped in a piece of tin when her home was demolished by the tornado, but later died as a result of injuries sustained during the storm.

Aurora Salazar, 68, was killed when she was stuck by a piece of wall and a large chair when the frame dwelling collapsed around her.

Lillie Short, 72, had been working in the family garden just before the storm hit and killed her.

Pauline Zarazua, 39, was killed in her car at Loop 289 and Highway 87 as she returned home from work at Litton Industries.

Lillie Short, de 72 años había estado trabajando en el jardín casero justo antes que la tormenta azotara y la mató.

Pauline Zarazua, de 39 años, fue muerta en su automóvil en Loop 289 y Highway 87 cuando ella regresaba a casa de su trabajo en Litton Industries.

