

Modelado de la Calidad del Aire

Introducción

FAUBA

21 de mayo de 2022

Definiciones

- ▶ Modelo matemático
- ▶ Modelo regulatorio
- ▶ Dispersión de contaminantes atmosféricos
- ▶ Razones para modelar

1. Vamos a trabajar con modelos matemáticos y a partir de cierta complejidad implementados programas de computación.
Podrían ser modelos físicos, con maquetas y túnel de viento, hasta mas precisos. Por reproducibilidad, accesibilidad, economía, escala...., integración con otros modelos difíciles de replicar con modelos físicos (química, remoción).

El modelo expresa los efectos de la atmósfera sobre los contaminantes.

- 1.1 advección (transporte)
- 1.2 dispersión (difusión y turbulencia)
- 1.3 transformación (f y q)

Las entradas Meteorología Emisión Terreno/superficie Edificios Fondo

Las salidas Concentración en un punto o área, en un tiempo de promediado.

2. Los modelos realmente se componen de un sistema de modelos o sub modelos, cada uno con una función definida.

Razones para modelar

- 2.1 It is not possible to measure the air quality at every relevant location all of the time.
- 2.2 If a new source of air pollution is planned, air dispersion models can predict the impact of the source on the air quality.
- 2.3 When air pollution is found, dispersion models can help determine the source.
- 2.4 Escalas de tiempo difíciles de capturar y medir.

3. Interesa el propósito regulatorio"del modelado, donde es una herramienta de gestión ambiental para la autoridad. Puede utilizarse para definir niveles de emisión. Explorar

Contexto histórico

Antiguedad - WWI

Euler 1757

Navier-Stokes 1850

$$\rho \frac{Dv}{Dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 v + f$$

1. Varios episodios de calidad de aire, principalmente londres. Desarrollo de la matemática y la física sobre mecánica de fluidos. Euler, Leonhard (1757). "Principes généraux du mouvement des fluides" [The General Principles of the Movement of Fluids]. Mémoires de l'académie des sciences de Berlin (in French). 11: 274315.

Tiene ecuaciones diferenciales que describen un flujo inviscido, no hay capa límite. ing y fis frances Claude-Louis Navier y Anglo-Irish physicist and mathematician George Gabriel Stokes. 1822 (Navier) to 18421850 (Stokes). »conjunto de ecuaciones en derivadas parciales no lineales que describen el movimiento de un fluido viscoso Punto de partida, entre investigación básica y aplicada.

El uso de armas químicas motivó la investigación en la dispersión atmosférica. En paralelo, en Cambridge GI Taylor propone un marco teórico para la difusión turbulenta. Stutton trabaja en la división química del ejército inglés. Desarrolla el método de cálculo de pluma gausiana que será utilizado con mayor prevalencia 1932. 1953 publica su libro de micrometeorología y detalla los pasos de cálculo.

Armas químicas



(a) Flandes Bélgica - 1917



(b) Batalla de Somme Francia - 1916

Figura: Exposición gas tóxico en primera guerra mundial

1.

Experimentos de dispersión - projectiles

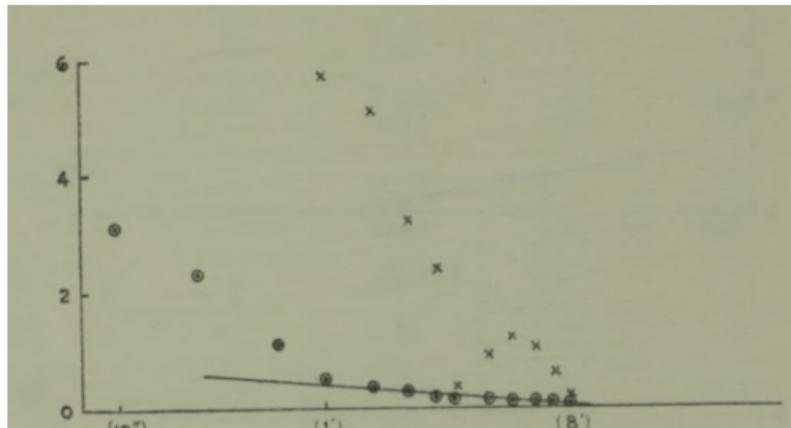


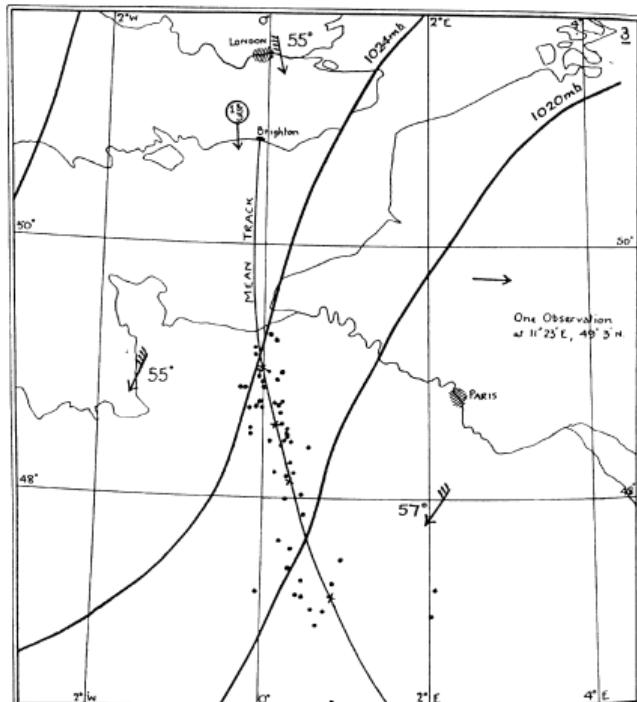
FIG. 6.

Figs. 2 to 6.—Growth of the visible outline of a puff of smoke.
× Taylor's theory. @ Present theory.

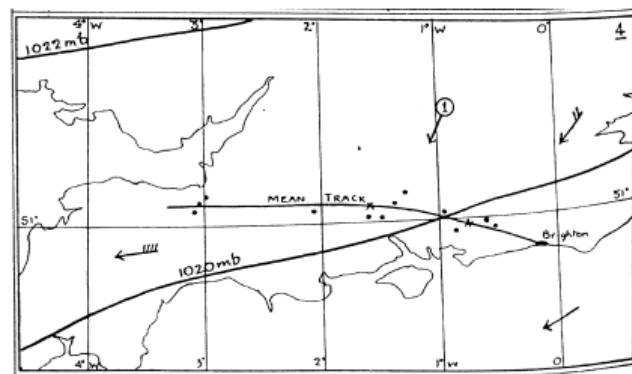
Figura: A theory of eddy diffusion in the atmosphere - O.G. Sutton 1932

1. La distancia a los primeros puntos se desvía por el efecto de la explosión el tiempo esta en segundos y minutos en escala log. Tiran explosivos antiaéreos a 7 alturas entre 900 y 5400m
2. tiran explosivos antiaéreos a 7 alturas entre 900 y 5400m "The theory of eddy diffusion in the atmosphere put forward almost simultaneously by G. I. Taylor* and L. F. Richardson in England and by W. Schmidt in Austria is a direct generalisation of the classical theory of molecular diffusion."

Experimentos de dispersión - globos



(a) 9/9/1922



(b) 1/6/1923

Figura: Richardson LF. 1926a. Atmospheric diffusion shown on a distance-neighbour graph.

1. The results of Richardsons experiments (top, Sept. 9, 1922; bottom, June 1, 1923) (see Richardson 1926a,b). The data points correspond to places from which people returned postcards from downed balloons that had been launched at Brighton a classic Richardson experiment that helped give rise to the four-thirds law.

Experimentos de dispersión - plumas

Richardson.



Fig. 1.

Phil. Trans., A, vol. 221, Plate 1.

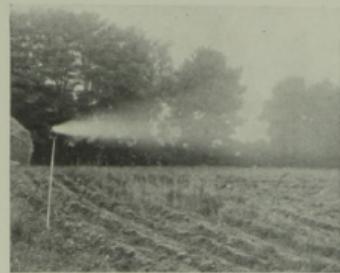


Fig. 2.

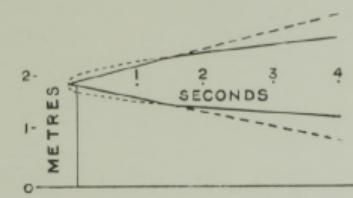
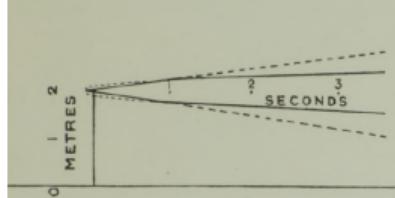
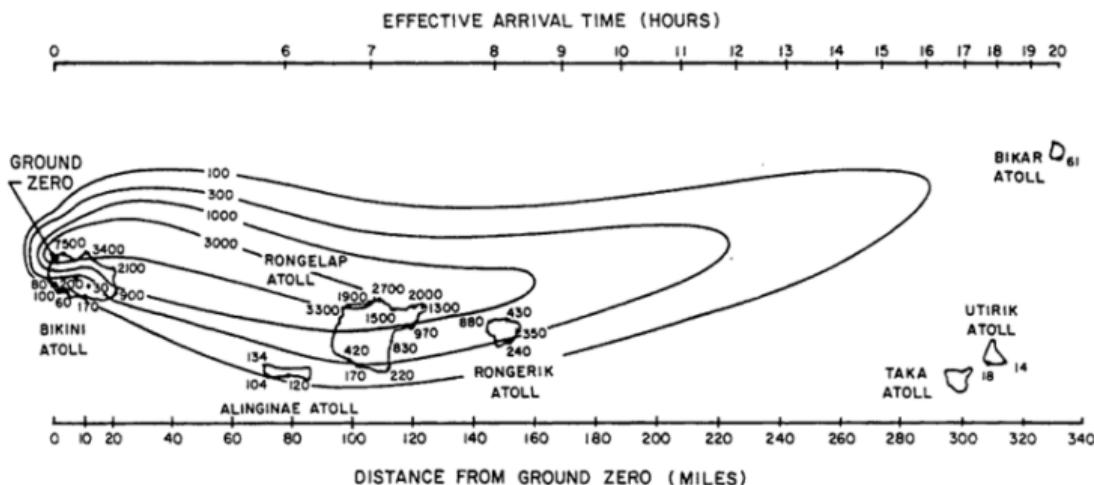


Figura: Some measurements of Atmospheric Turbulence - L.F.Richardson 1920

1. Humo de parafina, de una lámpára apagada. Forma un cono. Observa una distribución normal. Fig 1 vel = 1.7 m/s es una exposición de 60s al atardecer cuando los vientos del día habían disminuido. Fig 2 vel = 1.3 m/s a los 5 min de la primera foto, exp de 80s
2. is a photograph* of the trail of paraffin vapour from an extinguished blastlamp which projected the vapour in a direction at right angles to the wind. It shows a cone, with a blunt point due to the finite size of the source of smoke, passing smoothly into a form, which certainly diverges less rapidly than the initial cone, and which looks like a paraboloid. Opinion might differ slightly as to where to draw the lines corresponding to the standard deviation of smoke. In a normal distribution 0*68 of the whole number of particles lie between the two standard deviations. If the lines are placed as in the accompanying black and white drawing, then it follows, as the mean velocity of the smoke was 1*7 metres/sec.,

Fallout



(a) Brabo-1954

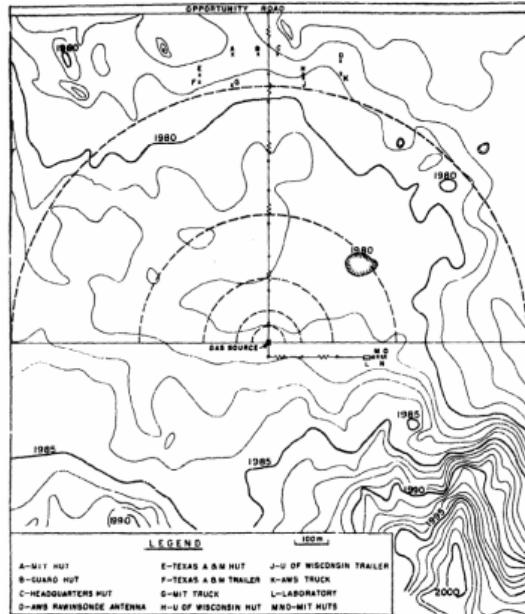


(b) trinity-1945

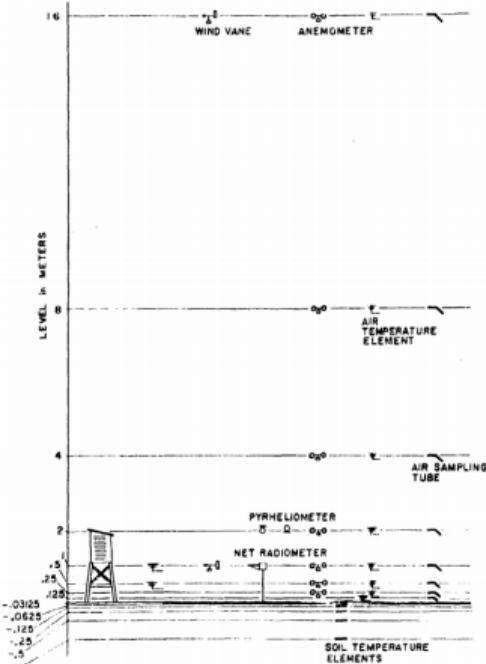
Figura: Exposición a radiación por "fallout" modelada

1. In the early 1950's there was great interest in nuclear fallout. Hyde (1952) used a trajectory analysis to show that radioactive debris from bomb tests in Nevada in October and November were detected in rainfall in France in November and December 1951. Path of nuclear fallout plume (contours labelled in rad) after the 15-megaton U.S. nuclear weapons test Bravo on Bikini Atoll in 1954.
Atolón Bikini islas marshall - corales

Experimento de dispersión



(a) Layout de arcos de puntos de medición



(b) Esquema de instrumentos

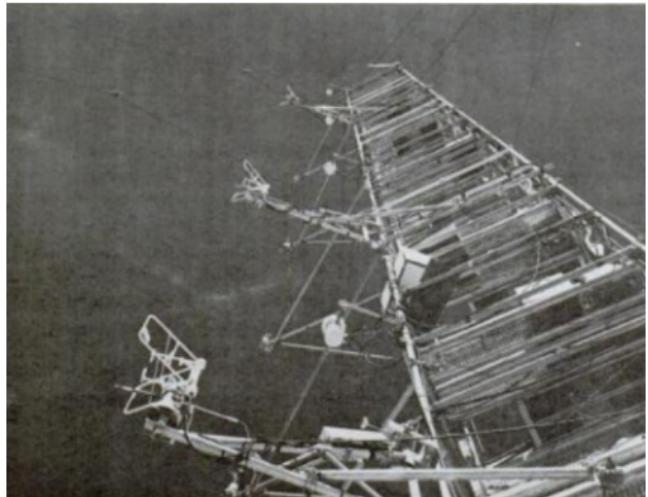
Figura: Ensayo prarie grass 1956

1. 1958- The original data were published in a paper report (Barad, 1958).
Utiliza Pasquill para definir sigma Pasquill (1961)
Project Prairie Grass was a field program designed to provide experimental data on the diffusion of a tracer gas over a range of 800 m. In each of 70 experiments the gas was released continuously for 10 minutes at a source located near ground level. The gas releases were made over a flat prairie in Nebraska under a variety of meteorological conditions during July and August of 1956..

Barad, M.L., 1958: Project Prairie Grass, a field program in diffusion. Geophys. Res. Pap. 59. Air Force Cambridge Centre.

Pasquill's dispersion scheme was modified slightly by Gifford (1961) who converted the angular spread, θ , and vertical extent, h , used in equation (1) to perhaps more palatable Gaussian sigmas. Turner (1970) converted the qualitative description of insolation into ranges of solar elevation angle and cloud cover, which corresponds to incoming solar radiation.

Experimento de dispersión



(a) Torre de sensores



(b) Equipos de procesamiento
de señales

Figura: Ensayo kansas 1968

1. 1968 kansas experiment torre anemómetros y termómetros

Kolmogorov Monin obukov capa de superficie ya plantearon el análisis dimensional

Businger et al. (1971) usa estos parámetros

tres años para analizar los datos

Monin and Obukhov (1954) suggested that the vertical variation of mean flow and turbulence characteristics in the surface layer should depend only on the surface momentum flux as measured by friction velocity u^* , buoyancy flux B_0 , and height z .

Monin-Obukhov similarity emerged as the most appropriate framework for viewing surface layer turbulence. The very small scatter in the data plots was particularly reassuring. The assumption of a constant-flux layer above the ground seemed to hold, but only when viewed over suitably long averaging periods, an hour at least, for the very unstable runs.
Definición de un parámetro de estabilidad.

Elevación de la pluma

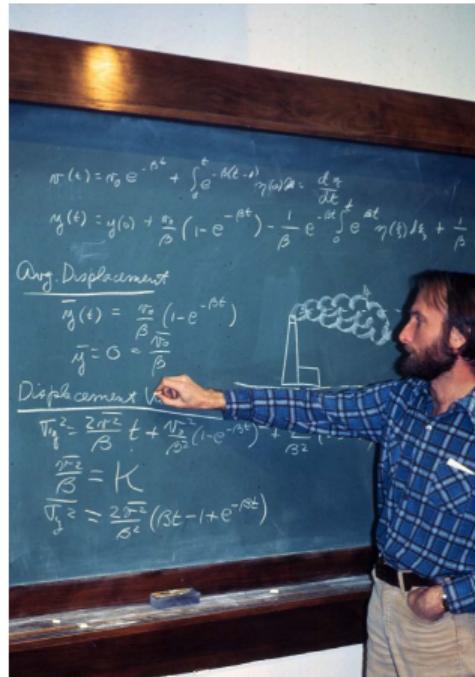


Figura: Gary Briggs derivando la ecuación de dispersión mediados de 1970

1. Briggs divided air pollution plumes into these four general categories:
Cold jet plumes in calm ambient air conditions
Cold jet plumes in windy ambient air conditions
Hot, buoyant plumes in calm ambient air conditions
Hot, buoyant plumes in windy ambient air conditions
2. Hablar sobre gary briggs

JICA - 1994

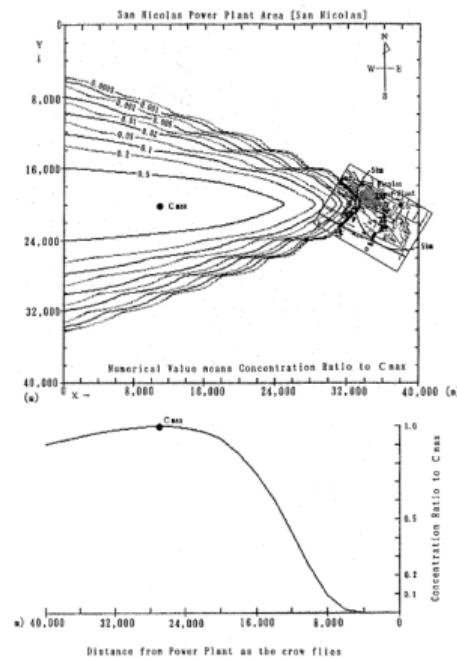
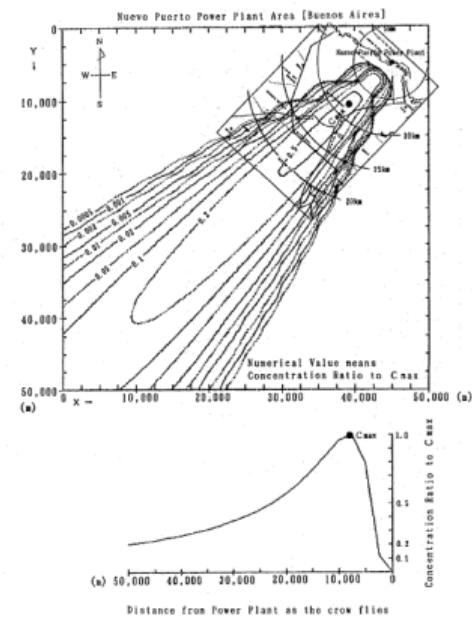
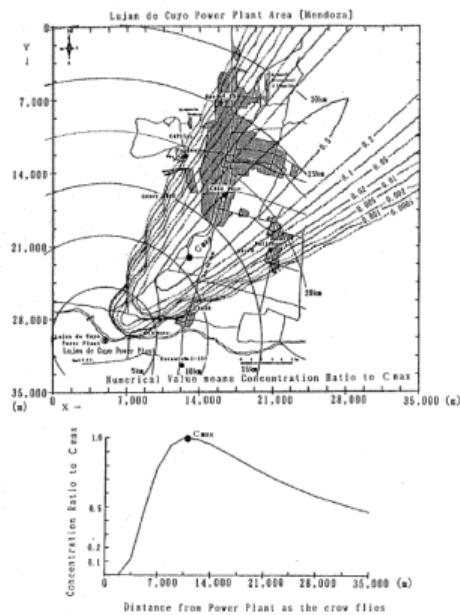


Figura: The Study on air pollution for thermal power plants (1994, JICA)

1. Enre, cnea, jica. despues del 94 vuelven a hacer otro proyecto para .^ayudar.^a armar el marco institucional/normativo.
2. The Study on air pollution for thermal power plants (1994, JICA)

Episodio de Smog en Donora 1948

Donora



Figura: Imagen aérea de Donora-Pensylvania

1. 5 días de smog anómalo por inversión causada por subsidencia persistente 5 días. limpia frente frío.

Industria en Donora



(a) misma hora en 3 días
de distinta estabilidad



(b) Emisión de industria metalúrgica

Figura: Efecto de las emisiones de la industria

1. Consideraciones:

- 1.1 (Emisiones), tipo de chimeneas, tratamientos, horarios de emisión. Otros contaminantes, mp, hf so₂ no₂ co. No solo hay efluentes en chimeneas, pilas de acopio, tren de carga, volúmenes en las acerías.
- 1.2 (Meteorología sfc ua) Atmosfera superior, efecto sinóptico de anticiclón persistente, inversión. En consecuencia estabilidad.
- 1.3 (Calmas) Velocidad del viento.
- 1.4 (Terreno) Efecto del terreno, valle, descarga mas baja que topografía.
- 1.5 (Edificios) Efecto de edificaciones en la dispersión
- 1.6 (Fondo) Concentraciones de fondo. Botes, calefacción hogares, varias plantas y aire desde el norte.
- 1.7 (Feedback), vientos katabáticos de aire frío, bloqueo de luz por niebla, subsidencia evita nubes y refuerza enfriamiento radiativo.
- 1.8 (superficie) turbulencia y presencia de río
- 1.9 (química) disolución de gases en gotas de niebla
- 1.10 (deposición w/d) remoción por agua y seca.
- 1.11 (tiempo prom) efectos agudos y crónicos de contaminación, corto y largo plazo de promediado.

<https://faculty.humanities.uci.edu/bjbecker/SpinningWeb/week9d.html>

Terreno

2.

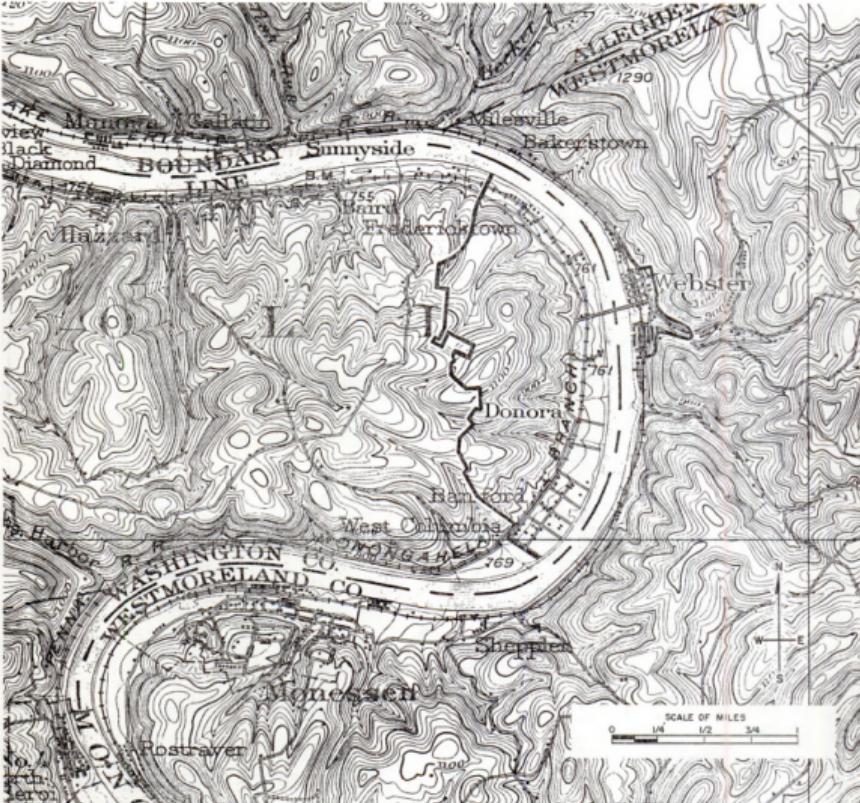
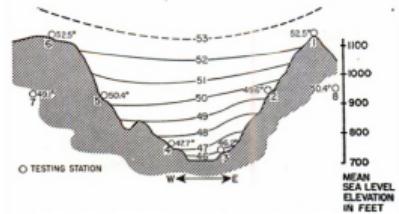


Figura: Carta topográfica (altura en pie 1/3 m)

Meteorología



(a) isotermas en corte vertical del valle
(46F=7C, 53F=11.5C)

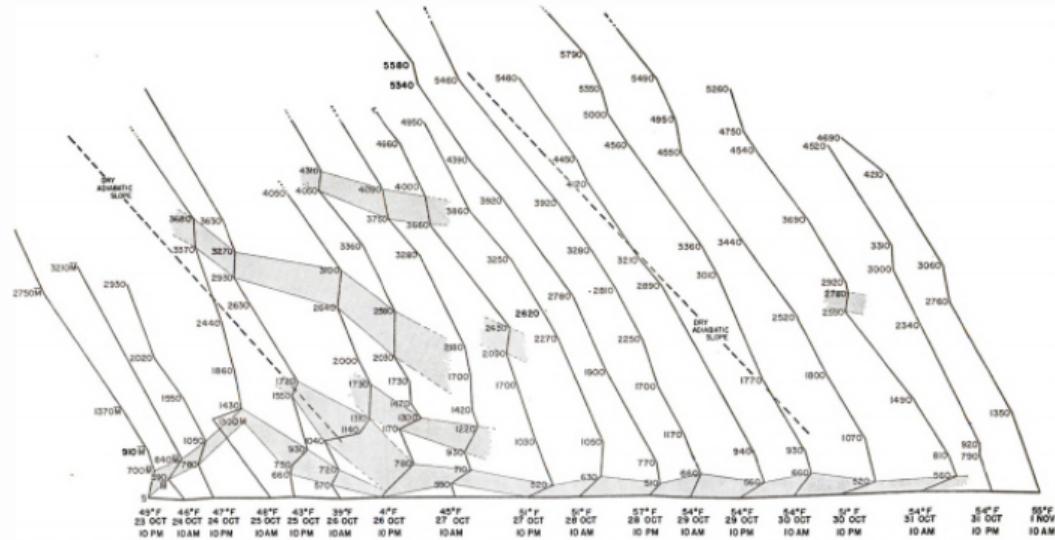


FIGURE 81.—Twice daily aerological soundings taken at Allegheny County (Pittsburgh) Airport Weather Station. Figures along lapse curves are mean sea level elevations in meters of significant levels. Temperature for each curve decreases to the left. Very stable layers (inversions) are shaded.

(b) Radiosondeos de aeropuerto de Pittsburgh durante el episodio

Figura: Meteorología de superficie y altura

Contexto Regulatorio

Internacional

Estados Unidos La principal guía de la EPA se encuentra en el código federal de regulación *CFR - Title 40 Chapter I Subchapter C Part 51 -Apéndice W* Requiere dos etapas de complejidad incremental. Sondeo y detallado.

Unión Europea Directiva "*2008/50/EC*", propone estándares y exige modelado. Crea un foro para fijar criterios.

Reino Unido Etapas de complejidad incremental. No explica modelos, sino contenido del informe.

1. eeuu donde se listan los modelos recomendados, mejores prácticas y criterios generales para el modelado de calidad de aire. Estos modelos del apéndice W se encuentran disponibles [en el repositorio web de la EPA]
2. eu Si bien cada país en Europa es soberano sobre la gestión de los recursos naturales, el marco de la unión europea define en su directiva: ["2008/50/EC"] estándares de calidad de aire y se menciona al modelado como herramienta necesaria para poder gestionara la calidad del aire. A partir de esta directiva, se crea un "foro"de trabajo [Forum for AIR quality MODelling (FAIRMODE)] que establece criterios que deben cumplir los modelos utilizados.
3. Posee un proceso escalonado de análisis para la obtención de un permiso de descarga a la atmósfera. Un primer modelo de screening (implementado como hoja de cálculo) es utilizado y comparado con una fracción conservadora del nivel estandar de calidad de aire. En el caso de que el screening no pudiera demostrar cumplimiento, se debe realizar un modelado de detalle donde se debe acordar con la agencia el detalle del procedimiento a seguir y asegurar cumplir con los requisitos.

Nacional

Nación Ley 20.284 promulgada en 1973, como la "Ley nacional de Calidad de Aire".

ENRE Norma 13/97. Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental Atmosférico.

1. A nivel nacional si bien existe la ley 20.284 promulgada en 1973, como la "Ley nacional de Calidad de Aire. ^{esta} se encuentra desactualizada y no hace mención a modelos de dispersión. En 2021 se presentó en la cámara de diputados un proyecto de ley de ["Presupuestos mínimos para la protección del aire"].
2. ENRE En cuanto a normativa sectorial el Entre Nacional Regulador de la Energía cuenta con la norma técnica con mas detalle, siendo la referencia nacional, adoptada en Buenos Aires y todavía vigente: [ENRE 13/97] con su anexo de guía metodológica para la .^Evaluación del Impacto Ambiental Atmosférico". En esta metodología se requiere la aplicación de modelos de dispersión para distintos escenario de operación, siendo evaluados a dos .^etapas"de detalle, etapa 1 mediante un sondeo o screening y etapa 2 utilizando modelos detallados con registros meteorológicos, a partir de modelos recomendados, principalmente por USEPA.

Provincial

Ciudad de Buenos Aires Ley 1356 y decreto reglamentario N 198/2006.
Autoridad realiza modelado de nuevas fuentes.

Provincia de Buenos Aires Ley 5965 y decreto N 1074/18 "licencia de emisiones a la atmósfera" en anexo III detalla guía de modelado. Tres etapas incrementales en complejidad.

1. Ciudad de Buenos Aires En el marco de la ley de calidad de aire de la ciudad, [Ley 1356] en el "TITULO VI: DEL MONITOREO Y LA VIGILANCIA EPIDEMIOLÓGICA.ºArtículo "35)ínciso "k).^{exp}licita que en las tareas del programa se debe: Desarrollar, evaluar y validar los modelos de dispersión. Su decreto reglamentario [Nº 198/2006] explicita que la autoridad de aplicación ambiental debe realizar un modelado de dispersión para otorgar el permiso de emisión a un proyecto que tenga nuevas fuentes de emisión.
2. En el contexto de provincia de buenos aires, la protección del aire se enmarca en la Ley [Nº 5965], reglamentado por el [decreto Nº 1074/18] donde se definen procedimientos y requisitos para que una actividad industrial obtenga una "licencia de emisiones a la atmósfera (LEGA)", siendo parte del permiso que habilita la actividad industrial. En el Anexo III de la [Resolución Nº 559/19] reglamentaria del Decreto Nº 1074/18, se detalla el procedimiento y requisitos para la aplicación de modelos de difusión atmosférica, donde se realiza un enfoque de análisis en 3 etapas de de complejidad incremental. Es similar al anexo de la resolución ENRE Nº 13/97 y se recomienda el uso de modelos de la USEPA.